

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia de un concreto con agregado grueso sustituido
en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Tirado Chávez, Jimmy Gerson

Asesor

Solar Jara, Miguel

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVES:

Tema	Resistencia Mecánica de Concreto
Especialidad	Tecnología del Concreto

KEYWORDS:

Theme	Resistance Mechanical of Concrete
Speciality	Concrete Technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Área	2. Ingeniería y Tecnología
Sub-área	2.1. Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

**“RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON
AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN
45% Y 48% POR ESCORIA DE HORNO DE
ARCO ELÉCTRICO”**

RESUMEN

El proyecto básicamente tiene como objetivo incorporar, diseñar y evaluar el comportamiento de una mezcla de concreto donde el agregado grueso (piedra), ha sido sustituido en un 45% y 48 % por la escoria de acería de los hornos eléctricos, generada por la empresa siderúrgica SIDERPERU, Chimbote-Perú.

La metodología experimental empleada para el desarrollo de las investigaciones se realizó en una primera fase donde se diseñó un concreto tradicional para la resistencia: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a la que se le denomina como mezcla patrón, en una segunda fase a esta mezcla se le sustituye a la piedra por la escoria de acería en el porcentaje de 45 % y 48%, y en una tercera fase se realiza la evaluación y comparación de la resistencia a la compresión en estado endurecido a las edades de 7, 14 y 28 días.

Los resultados obtenidos demuestran que el concreto experimental con 45 % y 48% de sustitución del agregado grueso por escoria de horno de arco eléctrico superan la resistencia del concreto patrón, pero el concreto experimental con 45% de escoria es el que presenta mejores resultados.

ABSTRACT

The project basically aims to incorporate, design and evaluate the behavior of a concrete mix where the coarse aggregate (stone), has been replaced by 45% and 48% by the steelworks slag generated by the company SIDERPERU steelworks, Chimbote-Peru.

The experimental methodology used for the development of the research was carried out in a first phase where a traditional concrete for the resistance was designed: $f^c_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, which is known as a master batch, in a second phase to this mixture is replaced to the stone by the steel slag in the percentage of 45% and 48%, and in a third phase the evaluation and comparison of the resistance to compression in hardened state at the ages of 7, 14 and 28 days.

The results obtained show that the experimental concrete with 45% and 48% substitution of the coarse aggregate by electric arc furnace slag exceeds the resistance of the standard concrete with 45% slag is the one with the best results.

ÍNDICE

Palabras claves.....	i
Título.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice.	v
Capítulo I: Introducción	01
Capítulo II: Metodología del trabajo	39
Capítulo III: Resultados	43
Capítulo IV: Análisis y discusión	62
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	65
Capítulo VI: Agradecimientos	68
Capítulo VII: Referencias bibliográficas	70
Capítulo VIII: Anexos	74

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I.- INTRODUCCIÓN

Referente a los antecedentes y fundamentación científica tenemos:

Vélez, A. (2013) desarrolló la investigación titulada “Hormigones con escoria de acero de horno eléctrico: prestaciones mecánicas, físicas y químicas”, su investigación incorpora a la escoria de acero en la elaboración de mezclas de hormigón para evaluar sus prestaciones mecánicas, físicas y químicas con el objetivo de reducir, reciclar y reutilizar los desechos industriales provenientes de empresas siderúrgicas.

Siendo la metodología empleada la experimentación, asimismo el diseño de esta investigación fue: Experimental de nivel CUASI-Experimental, la cual llegó a las siguientes conclusiones:

Los hormigones con escoria de acero presentan mayor densidad en comparación con los tradicionales.

La capacidad de absorción y porosidad de la escoria de acero es alta en comparación con un árido natural.

Para el diseño de hormigones convencionales de alta resistencia y hormigones con escoria de acería se verificó que para obtener alta resistencia se necesitan agregados compatibles en términos de rigidez y resistencia con la pasta de cemento, más que su dureza o resistencia propia.

La escoria siderúrgica no reporta la presencia de azufre, sulfatos, cloruros y sulfuros que generalmente son sustancias nocivas para el hormigón, ni tampoco presenta sustancias dañinas para la salud y medio ambiente tales como cobre, zinc, cadmio, mercurio, plomo, arsénico entre otros, motivo por el cual este material puede ser utilizados en calidad de agregado en hormigones.

Los hormigones con escoria de acero presentan mayor cantidad de silicio, seguido de calcio y hierro, siendo el aumento del nivel de silicio debido a que los hormigones fueron confeccionados con arena silícea y arena de río, ricos de este material.

La escoria de acero contiene minerales favorables para su agregación como material de construcción, conteniendo la magnetita, el cual es un mineral que por sus propiedades puede emplearse para sustituir al árido natural en la elaboración de hormigones pesados.

Parra & Sánchez (2010) desarrolló la investigación titulada “Análisis de la valorización de escorias negras como material agregado para concreto en el marco de la gestión ambiental de la siderúrgica Diaco. Municipio Tuta Boyaca”, su investigación aborda el análisis técnico, comercial y financiero del aprovechamiento de las escorias negras generadas por la Siderúrgica DIACO para uso como material agregado en concreto.

Se determinaron las propiedades físicas de las escorias negras mediante ensayos de laboratorio para evaluar su uso potencial como agregado fino o grueso. Posteriormente se diseñaron mezclas de concreto en las que se reemplazó en proporciones de 0 %, 25%, 50%, 75% y 100% el agregado convencional por escoria para la fabricación de probetas con el fin de evaluar las propiedades mecánicas.

Siendo la metodología empleada la experimentación, asimismo el diseño de esta investigación fue: Experimental de nivel CUASI-Experimental, la cual llegó a las siguientes conclusiones:

Las escorias negras provenientes de la Siderúrgica Diaco constituyen residuos potencialmente aprovechables con características para ser empleadas como agregado en la fabricación de concreto.

En la producción de acero de la Siderúrgica Diaco el mayor subproducto generado corresponde a las escorias negras que representan el 69 % del total de los residuos industriales y que según los análisis realizados no se clasifican como residuos peligrosos ni tóxicos.

Las escorias negras se utilizaron como agregado grueso en la mezcla de concreto debido a sus características físicas como su granulometría, alto peso específico y bajo porcentaje de desgaste confiriéndole resistencia, dureza y durabilidad al concreto obtenido.

De los ensayos realizados en laboratorio, los cilindros elaborados con la proporción de 25% escoria y 75% grava en la mezcla, presentaron los mayores valores de resistencia a la compresión a los 28 días de fraguado superando incluso a los obtenidos con 100% grava como agregado grueso.

La aplicación de las escorias negras como agregado grueso dentro de la mezcla de concreto, le otorga al material endurecido propiedades mecánicas favorables indicando que el alto peso específico, dureza y granulometría que posee la escoria le confiere mayor resistencia a la compresión.

Soto, R. (2008) desarrolló la investigación titulada “Evaluación y análisis de mezcla de concreto, elaboradas con agregados de origen pétreo (canto rodado y trituración) y escoria de acería”, su investigación aborda el análisis de concretos elaborados con tres tipos de agregados gruesos utilizando las misma proporción, trabajabilidad y agregado fino, con el objetivo de evaluar la incidencia que tienen en el concreto, siendo dos de origen pétreo (triturado y canto rodado) y el otro escoria de acería de horno de arco eléctrico.

Siendo la metodología empleada la experimentación, asimismo el diseño de esta investigación fue: Experimental de nivel CUASI-Experimental, la cual llegó a las siguientes conclusiones:

Los tres agregados evaluados pueden utilizarse en mezclas de concreto, limitando el uso del agregado de escoria de acería a ciertas aplicaciones, dadas sus características de densidad, baja absorción y alta porosidad además de una relativa resistencia al desgaste.

Los tres tipos de agregados son inocuos respecto a la reactividad potencial álcali-sílice de acuerdo a la prueba química.

Los principales problemas de la escoria de acería para su uso como agregado grueso en mezclas de concretos son el grado de envejecimiento, inestabilidad volumétrica, por lo cual deben controlarse en planta su granulometría, forma y textura.

Los resultados parecen evidenciar que la actividad puzolánica y forma de la escoria influyen en su comportamiento como agregado, los valores de resistencia a compresión del concreto de escoria de acería a las edades de 28 y 56 días fueron los más altos.

El agregado de escoria de acería tiene el resultado más bajo en el ensayo de desgaste efectuado en la máquina de los ángeles.

Cruz, R., Franco, D. & Pérez, L. (2014). Reemplazo del Agregado Fino por Escoria de Horno de Cubiote para la Fabricación de Concreto. Inge CUC, 10 (1), 83-84. Este trabajo presenta las propiedades físico-mecánicas obtenidas de un concreto fabricado con escoria de horno de cubilote (EHC), la cual se utilizó como sustituto del agregado fino (arena) en diferentes proporciones: 0, 10, 15, 20%.

Siendo la metodología empleada la experimentación, así mismo el diseño de esta investigación fue: Experimental de nivel CUASI-Experimental, la cual llegó a las siguientes conclusiones:

La evaluación de la granulometría, densidad, absorción, humedad natural y contenido de material férrico de la EHC permitió caracterizarla como arena gruesa bien gradada con poca cantidad de fino, los resultados obtenidos muestran un comportamiento favorable en su resistencia a la compresión al sustituir el 20% de arena por escoria, asimismo se encontró que la densidad mantiene una relación proporcional con el porcentaje de sustitución y el valor de su masa unitaria se encuentra dentro del rango de valores aceptable para un concreto de peso normal.

La resistencia a la compresión aumenta con el tiempo para todos los concretos evaluados. La resistencia de diseño a los 28 días no se alcanzó en ninguna de las probetas ensayadas. La relación agua cemento obtenida en el diseño de la mezcla (0.68), de acuerdo con las características de los materiales utilizados resulta ser alta, esta proporción pudo perjudicar la resistencia mecánica del material.

Flores, R. , & Lozano, R. (2011). Efecto del Uso de Escorias de la Siderúrgica en Pavimentación de Chimbote y Nuevo Chimbote (tesis de pregrado). Universidad Del Santa, Nuevo Chimbote, Perú. Describen que el presente trabajo es una investigación experimental, para el desarrollo de la investigación se efectuó en una primera fase con la caracterización del material granular, terreno de fundación y el material de desperdicio (Escoria).

El objetivo principal de esta investigación es determinar el efecto del uso de Escorias de los hornos Eléctricos de la Empresa Siderúrgica SiderPerú en pavimentaciones flexibles de Chimbote y Nuevo Chimbote, a nivel de sus propiedades físico-mecánicas a su vez se determinó el efecto en su diseño, que se encuentra íntimamente ligado a las mejoras de la Capacidad de Soporte (C.B.R) de los suelos, reduciendo el uso del material granular (Afirmado).

Diseñar el pavimento más adecuado y actualizado que se ajuste a los parámetros establecidos dentro de las Normas y Reglamentos del MTC.

Se determinó que utilizando el Método de diseño de pavimentos AASHTO 93, y comparando el diseño con los materiales al estado Natural con la mezcla y estabilización del suelo con la escoria se logra disminución en los espesores del pavimento, a su vez no podemos establecer un ahorro económico exacto ya que según datos de la empresa, es un desperdicio que por no tener demanda aún no tiene precio en el mercado, pero es factible su uso bajo un sustento técnico.

El presente trabajo de investigación busca una alternativa de reemplazo para el agregado grueso que se utiliza en la construcción con fines de relleno sólido y dar estructura a los miembros de construcción.

Por la complejidad de la producción del agregado grueso para su utilización en la mezcla de concreto tradicional, se originan una diversidad de problemas tales como, la escasez de zonas donde se origina dicho material (cantera) y su abundante recolección.

Esta investigación trata sobre la evaluación de la escoria de acería como un reemplazo del agregado grueso, la cual contribuirá en el estudio de las potencialidades de la escoria (residuos) de la planta SiderPerú Chimbote como material de construcción, y de ser posible darles un valor agregado basándose en criterios de eficiencia ambiental, económica y social en Chimbote, lo cual sería beneficiario para el campo de la ingeniería civil.

Durante el proceso de investigación se percibe la siguiente situación problemática: En el Perú el consumo y demanda del concreto va en aumento, generando también la necesidad de contar con materiales que tengan un adecuado desempeño dentro de las mezclas, por esta razón, la producción y uso de agregados provenientes de procesos de trituración también viene creciendo, así como la búsqueda de nuevas alternativas en materiales que aprovechen los subproductos generados en la industria y que actualmente no tienen un uso adecuado.

A fin de disminuir el impacto ambiental que genera la explotación de áridos naturales provenientes de canteras y lechos de ríos usados para la fabricación de concretos, como también el vertido de los restos industriales, en este caso la escoria de horno de arco eléctrico en zonas de relleno.

Ante todo esto se pretende incorporar la escoria de acería en el diseño de mezcla para aprovechar los residuos industriales como materia prima y mitigar el impacto ambiental que genera al producirse el concreto.

Es por ello que surge la necesidad de continuar con la evolución y avance en investigaciones relacionadas a mejorar y crear alternativas referentes a mezclas de concreto, con la finalidad de lograr avances técnicos, económicos y de eficiencia ambiental, lo que lleva a plantear el siguiente problema:

¿Cuál es la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al agregado grueso en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico?

Luego de formular la problemática es necesario conceptualizar y operacionalizar las variables.

CEMENTO:

Rivva (2000), define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables.

CEMENTO PORTLAND:

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.001, el cemento portland es un cemento hidráulico producido mediante a pulverización del Clinker portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND:

Pasquel (1998), sostiene que las principales materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

Tabla N° 01 – Materias primas principales del cemento

%	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA USUAL
5 %	Óxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Óxido de Fierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas
5 %	Óxidos de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Manganeseo	Minerales Varios

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Pasquel.

Tabla N° 02 – Porcentajes de materias primas principales del cemento

ÓXIDO COMPONENTE	PORCENTAJE	ABREVIATURA
CaO	61 % - 67 %	C
SiO₂	20 % - 27 %	S
Al₂O₃	4 % - 7 %	A
Fe₂O₃	2 % - 4 %	F
SO₃	1 % - 3 %	
MgO	1 % - 5 %	
K₂O y Na₂O	0.25 % - 1.5 %	

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Pasquel.

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado. A continuación se detalla su fórmula química, abreviatura y nombre corriente.

➤ Silicato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3 \rightarrow \text{Alita}$)

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

➤ Silicato Dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S} \rightarrow \text{Belita}$)

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

➤ Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$)

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3%

- 6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

➤ Alumino-Ferrito Tetracálcico ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF} \rightarrow \text{Celita}$)

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

➤ Óxido de Magnesio (MgO)

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5 % trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

➤ Óxidos de Potasio y Sodio ($K_2O, Na_2 \rightarrow$ Alcalis)

Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

➤ Óxidos de Manganeso y Titanio (Mn_2O_3, TiO_2)

El primero no tiene significación especial en la propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo.

El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores a 5%. Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

TIPOS DE CEMENTO

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, los cinco tipos de cemento Portland que pueden ser clasificados como estándar y deben cumplir los requisitos establecidos en esta norma.

➤ **Tipo I**

De uso general en la construcción, para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.

Se fabrica mediante la molienda conjunta del clinker Tipo I y yeso que le brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

Debido a su óptima formulación el cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas y menores tiempos de fraguado. Se emplea en obras de concreto y de concreto armado en general, para estructuras que requieran rápido desencofrado, producción de concreto en clima frío, prefabricados, pavimentos y cimentaciones.

➤ **Tipo II**

Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación. Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos.

➤ **Tipo III**

Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias a edades tempranas y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.

➤ **Tipo IV**

Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación, como represas, centrales hidroeléctricas y obra de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.

➤ **Tipo V**

Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos. En el caso de obras portuarias expuestas al agua de mar, canales, alcantarillas, túneles, etc. Estos cementos desarrollan resistencias más lentamente que los cementos Tipo I.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CEMENTO TIPO I

Las características químicas del Cemento Portland Tipo I, producido por la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A conforme a la NTP 334.009 son:

Tabla N° 03 – Características Químicas del Cemento Tipo I

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	REQUISITO NTP 334.009
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	M

Fuente: Cementos Pacasmayo conforme a NTP 334.009.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CEMENTO TIPO I

Las características físicas del Cemento Portland Tipo I, producido por la empresa Cementos Pacasmayo S.A.A conforme a la NTP 334.009 son:

Tabla N° 04 – Características Físicas del Cemento Tipo I

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	REQUISITO NTP 334.009
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión de Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión			
Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm ²)	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm ²)	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (Kg/cm ²)	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat			
Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Fuente: Cementos Pacasmayo conforme a NTP 334.009.

AGREGADOS

Pasquel (1998), sostiene que los agregados son elementos del concreto que aglomerados con el cemento y agua forman una estructura resistente conocida como mortero o concreto.

Según la NTP 400.011:2013, también se les denomina áridos y se define como el conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o

elaborados. Se clasifican en agregado fino y agregado grueso, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en esta NTP.

AGREGADO FINO

Rivva (2000), define como agregado fino a aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa por el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 75 μm (N° 200); y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO

Zuluaga (2013), señala que debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad. La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas permite obtener valores que son utilizados para los diseños de mezclas de concreto. Las propiedades físicas a determinar según las normas técnicas peruanas son:

➤ Peso Unitario (NTP 400.017:2011)

El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m^3 y depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad. También depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo de agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación.

➤ Peso Específico (NTP 400.022:2013)

El peso específico es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

➤ **Contenido de Humedad (NTP 339.185:2013)**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 horas), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

➤ **Absorción (NTP 400.022:2013)**

Es la capacidad del agregado fino de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en el horno (24 horas), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

➤ **Granulometría (NTP 400.012:2013)**

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, en especial de la granulometría y otras características de la arena. Como no es fácil modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal se dirige al control de su homogeneidad.

Tabla N° 05 - Requisitos granulométricos del agregado fino

Malla	% que Pasa
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 100
N° 30	25 – 60
N° 50	10 – 30
N° 100	0

Fuente: NTP 400.037:2014.

➤ **Material más fino que pasa la malla N° 200 (NTP 400.018:2013)**

Consiste en determinar la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado, en forma de revenimiento superficial o en forma de partículas sueltas.

El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo el agregado grueso o mezclado con la arena.

En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de mezcla.

AGREGADO GRUESO

Rivva (2000), lo define como el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm(Nº4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

Propiedades del Agregado Grueso

Zuluaga (2013), sostiene que debe cumplir ciertos requisitos de calidad y la determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas permite obtener valores necesarios en el diseño de mezcla de concreto. Las propiedades físicas a determinar según las normas técnicas peruanas son:

➤ Peso Unitario (NTP 400.017:2011)

El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m^3 . Los valores para agregados normales varía entre 1500 y 1700 kg/m^3 . Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados, y en caso de proporcionarse el concreto por volumen. Se determinan dos (2) pesos unitarios. Peso Unitario Compactado (PUC) y el Peso Unitarios Suelto (PUS).

➤ Peso Específico (NTP 400.021:2002)

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; valores altos entre 2.5 a 2.8 corresponden a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad.

➤ Contenido de Humedad (NTP 339.185:2013)

Es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje) la calidad de agua en el concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 horas), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

➤ **Absorción (NTP 400.021:2002)**

Es la capacidad del agregado grueso de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento.

También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 horas), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

➤ **Granulometría (NTP 400.012:2013)**

La granulometría se refiere a la distribución por tamaños de las partículas de los agregados.

El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados. Las mallas utilizadas para determinar la granulometría de los agregados se designa por el tamaño de la abertura cuadrada en pulgadas.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas

Tabla N° 06 - Requisitos granulométricos del agregado grueso

TAMA ÑO NOMIN AL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
	4"	3 1/2	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
2" a 1"				100	95 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
2" a Malla N°4				100	95 a 100	35 a 70			10 a 30		0 a 5		
1 1/2" a 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 5		0 a 5			
1 1/2" a Malla					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
1" a 1/2"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
1" a Malla N°						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
3/4" a 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
3/4" a Malla							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
1/2" a Malla N°4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
3/8 a Malla N°8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.012:2013

AGUA DE MEZCLA

Martínez (2010), sostiene que el agua es un elemento esencial para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, es por eso que este elemento debe cumplir ciertos requerimientos para cumplir su función de manera eficiente y sin ocasionar daños en la combinación química.

El agua de mezcla para la elaboración de concreto tiene tres funciones principales, las cuales son:

- Reacciona con el cemento para hidratarlo.
- Funciona como lubricante para favorecer a la trabajabilidad del concreto.
- Proporciona vacíos necesarios en la pasta para que los productos de hidratación tengan los espacios para desarrollarse.

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser de preferencia potable u otra procedencia exigiendo los requisitos y límites necesarios establecidos en la NTP 339.088:2014.

Tabla N° 07 - Requisitos para agua de mezcla

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de Magnesio	150 ppm.
Sales Solubles Totales	1500 ppm.
pH.	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 ppm.

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088:2014

CONCRETO

Pasquel (1998), lo define como el material compuesto por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente muestra una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

Rivva (2000), sostiene que el resultado de la combinación química del material cementante con el agua origina un medio ligante denominado pasta, dentro de la cual se encuentra embebido el agregado.

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus componentes.

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Se le llama así a la etapa del concreto recién mezclado cuyo estado es plástico y moldeable, el cual aún no ha logrado alcanzar su fragua inicial, ni endurecimiento y adopta la forma del encofrado.

La mezcla de concreto debe presentar una consistencia que permita un fácil transporte y colocación, sin segregación.

➤ Trabajabilidad

Pasquel (1998), sostiene que es la propiedad del concreto fresco, la cual permite que sea manipulado, transportado, colocado y consolidado, ya sea manual o mecánicamente.

La trabajabilidad involucra conceptos tales como compacidad de moldeo, cohesividad, capacidad de compactación, fluidez, plasticidad y uniformidad; ya que estas propiedades influyen en el comportamiento y apariencia final de la estructura.

A la vez la trabajabilidad guarda relación con el equilibrio del contenido del cemento en mezcla, la granulometría, la proporción de los agregados en la mezcla, la cantidad de agua y aire; con la presencia de aditivos.

El Cono de Abrams o Slump es el método tradicional para medir la trabajabilidad.

➤ Consistencia

Rivva (2000), afirma que es una propiedad del concreto que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

Está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Las normas alemanas clasifican al concreto de acuerdo a su consistencia, en tres grupos:

- ✓ Concretos consistentes o secos
- ✓ Concretos plásticos.
- ✓ Concretos fluidos.

Los concretos consistentes son definidos como el tipo de concreto que solo contienen el agua necesaria para que su superficie, después de vibrados, quede blanda y unida.

Los concretos plásticos son definidos como aquellos que contienen el agua necesaria para dar a la masa una consistencia pastosa.

Los concretos fluidos son aquellos que han sido amasados con tanta agua que la mezcla fluye como una pasta blanda. Este tipo de concreto solo debe ser empleado en aquellas estructuras en las que la disminución de la calidad originada por el excesivo contenido de agua carece de importancia.

➤ **Segregación**

Rivva (2000), la define como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero, dado que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo fuerzas que tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido.

➤ **Exudación**

Poco después de terminada la colocación del concreto, si las condiciones ambientales no causan evaporación rápida, se puede notar la presencia de agua en la superficie del mismo. Ella ha emergido del concreto y continúa haciéndola durante un buen tiempo, cuando el proceso culmina.

Debido a que el agua parece haber sido exudada de la masa plástica del concreto, este fenómeno se conoce con el nombre de exudación.

Pasquel (1998), asegura que la exudación es la propiedad por la cual una parte del agua se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación, en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y finura del cemento, por lo que cuanto más fino es la molienda de este y mayor sea el porcentaje de material menor que la malla N°100 la exudación sea menor, pues retiene el agua de mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego la importancia es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

➤ **Peso Unitario**

Rivva (2000), lo define como la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica. También puede entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido. El peso unitario del concreto es el peso varillado de una muestra representativa del concreto. Se expresa en kilos por metro cúbico.

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

Es importante las propiedades del concreto al estado endurecido, ya que estas reflejan el comportamiento del concreto en el futuro, es decir, va ser en este estado, en el cual se va tener que soportar las cargas para las cuales se ha diseñado, aunque también tienen importancia las cualidades del concreto en estado plástico anteriormente estudiado.

La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

➤ **Resistencia a la Compresión**

National Ready Mixed Concrete Association (1993), sostiene que las mezclas de concreto se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura.

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión.

Consiste en una carga axial de compresión gradualmente creciente a una probeta de tamaño estándar, hasta que ocurra la fractura. Durante el ensayo se tomará nota de la carga a la que fue sometida.

➤ **Importancia de la Prueba a la Compresión**

National Ready Mixed Concrete Association (1993), señala que los resultados de dichas pruebas se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, f'_c , en la especificación

del trabajo. Se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras para programar las operaciones de construcción o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura. Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 práctica estándar para elaborar y curar probetas de ensayo de concreto en campo. Para estimar la resistencia del concreto in situ, la norma ASTM C31 formula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo a ASTM C39, método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Un resultado de prueba es el promedio de por los menos 2 pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo a la misma edad. En la mayoría de los casos las pruebas se realizan a la edad de 28 días.

Para cumplir con los requerimientos de resistencia de una especificación de trabajo, se aplican los siguientes 2 criterios de aceptación:

- ✓ El promedio de 3 ensayos consecutivos es igual o supera a la resistencia especificada, f'_c .
- ✓ Ninguno de los ensayos de resistencia deberá arrojar un resultado inferior a f'_c en más de 500 psi (3.45 MPa); ni ser superior en más de 0.10 f'_c cuando f'_c sea mayor de 5.000 psi (35 MPa).

Resulta importante comprender que una prueba individual que caiga por debajo de f'_c no necesariamente constituye un fracaso en el cumplimiento de los requerimientos del trabajo. Cuando el promedio de las pruebas de resistencia de un trabajo caiga dentro de la resistencia promedio exigida,

f'_{cr} , la probabilidad de que las pruebas de resistencia individual sean inferiores a la resistencia especificada es de aprox. 10% y ello se tiene en cuenta en los criterios de aceptación.

Cuando los resultados de las pruebas de resistencia indican que el concreto suministrado no cumple con los requerimientos de la especificación, es importante reconocer que la falla puede radicar en las pruebas, y no en el concreto. Ello es particularmente cierto si la fabricación, manejo, curado y pruebas de los cilindros no se realizan en conformidad con los procedimientos estándar. Los registros históricos de las pruebas de resistencia se utilizan para establecer la resistencia promedio deseada de mezcla de concretos para obras futuras.

➤ **Procedimiento para la realización de la Prueba a la Compresión**

National Ready Mixed Concrete Association (1993), señala que para que se cumpla una adecuada prueba de resistencia de concreto debe cumplirse el siguiente procedimiento:

Las probetas cilíndricas para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) ó 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm), cuando así se especifique. Las probetas más pequeñas tienden a ser más fáciles de elaborar y manipular en campo y en laboratorio. El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.

El registro de la masa de la probeta antes de colocarles tapa constituye una valiosa información en caso de desacuerdos.

Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se tapan (refrentan) con mortero de azufre (ASTM C 617) o con tapas de almohadillas de neopreno (ASTM C 1231).

Las cubiertas de azufre se deben aplicar como mínimo 2 horas antes y preferiblemente 1 día antes de la prueba.

Las cubiertas de almohadilla de neopreno se pueden utilizar para medir las resistencias del concreto entre 1.500 y 7.000 psi (10 a 50 MPa). Para resistencias mayores de hasta 12.000 psi, se permite el uso de las tapas de almohadillas de neopreno siempre y cuando hayan sido calificadas por pruebas con cilindros compañeros con tapas de azufre. Los requerimientos de dureza en durómetro para las almohadillas de neopreno varían desde 50 a 70 dependiendo del nivel de resistencia sometido a ensayo. Las almohadillas se deben sustituir si presentan desgaste excesivo. No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.

El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más del 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.

Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).

Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 20 a 50 psi/s (0.15 a 0.35 MPa/s) durante la última mitad de la fase de carga.

Se debe anotar el tipo de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.

La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura por (\div) el área promedio de la sección. La ASTM C 39 presenta los factores de corrección en caso de que la razón longitud-diámetro del cilindro se halle entre 1.75 y 1.00,

lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos 2 cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba, al intervalo más próximo de 10 psi (0.1 MPa).

El técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura, y todo defecto que presenten los cilindros o sus tapas. Si se miden, la masa de los cilindros también deberá quedar registrada.

La mayoría de las desviaciones con respecto a los procedimientos estándar para elaborar, curar y realizar el ensayo de las probetas de concreto resultan en una menor resistencia medida.

El rango entre los cilindros compañeros del mismo conjunto y probado a la misma edad deberá ser en promedio de aprox. 2 a 3% de la resistencia promedio. Si la diferencia entre los dos cilindros compañeros sobrepasa con demasiada frecuencia el 8%, o el 9.5% para 3 cilindros compañeros, se deberán evaluar y rectificar los procedimientos de ensayo en el laboratorio.

Los resultados de las pruebas realizadas en diferentes laboratorios para la misma muestra de concreto no deberán diferir en más de 13% aproximadamente del promedio de los 2 resultados de las pruebas.

Si 1 ó 2 de los conjuntos de cilindros se fracturan a una resistencia menor a f'_c , evalúe si los cilindros presentan problemas obvios y retenga los cilindros sometidos a ensayo para examinarlos posteriormente.

A menudo, la causa de una prueba malograda puede verse fácilmente en el cilindro, bien inmediatamente o mediante examen petrográfico. Si se desechan o botan estos cilindros, se puede perder una oportunidad fácil de corregir el problema. En algunos casos, se elaboran cilindros adicionales de reserva y se pueden probar si un cilindro de un conjunto se fractura a una resistencia menor.

Una prueba a los 3 ó 7 días puede ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.

La norma ASTM C 1077 exige que los técnicos del laboratorio que participan en el ensayo del concreto deben ser certificados.

Los informes o reportes sobre las pruebas de resistencia a la compresión son una fuente valiosa de información para el equipo del proyecto, para el proyecto actual o para proyectos futuros. Los reportes se deben remitir lo más pronto posible al productor del concreto, al contratista y al representante del propietario.

➤ **Dimensiones: Factores que afectan la Resistencia del Concreto**

✓ **El Curado**

Salas (2011), señala que el curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (colado) y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada.

Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad. El secado puede eliminar el agua necesaria para esta reacción química denominada hidratación y por lo cual el concreto no alcanzará sus propiedades potenciales.

La temperatura es un factor importante en un curado apropiado, basándose en la velocidad de hidratación y por lo tanto, el desarrollo de resistencias es mayor a más altas temperaturas.

Las razones importantes porque se cura son:

-) Una ganancia de resistencia predecible. Los ensayos de laboratorio muestran que el concreto en un ambiente seco puede perder tanto como un 50 por ciento de su resistencia potencial, comparada con un concreto similar que es curado en condiciones húmedas. El concreto vaciado bajo condiciones de alta temperatura ganará una resistencia temprana rápidamente, pero después las resistencias pueden ser reducidas. El concreto vaciado en clima frío tomará más tiempo para ganar resistencia, demorará la remoción del encofrado y la construcción subsecuente.
-) Durabilidad mejorada. El concreto bien curado tiene mejor dureza superficial y resistirá mejor el desgaste superficial y la abrasión. El curado también hace al concreto más impermeable al agua, lo que evita que la humedad y las sustancias químicas disueltas en agua entren dentro del concreto, en consecuencia incrementa la durabilidad y la vida en servicio.
-) Mejores condiciones de servicio y apariencia. El curado apropiado reduce el resquebrajamiento o cuarteo, la pulverización y el descascaramiento.

✓ **Tiempo de Fraguado**

Sánchez, D. (2001), sostiene que el fraguado se refiere al paso en una pasta o mezcla, del estado fluido al rígido, esto suele malinterpretarse con el endurecimiento que es solo la ganancia de resistencia de la pasta. Vemos dos tiempos de fraguados en el proceso en general. Los factores que se ven involucrados en los tiempos de fragua son:

-) Relación de agua/cemento: entre más líquida sea la pasta más tardará el tiempo de fraguado pues es muy fluida y tardará tiempo en perder esa fluidez.
-) Temperatura ambiente: entre más alta sea la temperatura más rápido se secará el agua de la pasta y perderá el componente que le da fluidez.
-) Humedad relativa: si la saturación de humedad es baja, el ambiente intentará quitarle humedad a la pasta y se secará más rápido.
-) Finura del cemento: el grado de finura afecta de manera que se necesita más agua para hidratar todas las partículas.
-) Humedad relativa: si la saturación de humedad es baja, el ambiente intentará quitarle humedad a la pasta y se secará más rápido.

✓ **Relación Agua / Cemento (A/C)**

Sánchez, D. (2001), sostiene que la relación agua / cemento constituye un parámetro importante de la composición del hormigón. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del hormigón.

Es el valor característico más importante de la tecnología del hormigón. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida.

Se calcula dividiendo la masa del agua por la del cemento contenidas en un volumen dado de concreto.

$$R = \frac{a}{c}$$

R: Relación agua / cemento

a: Masa del agua del concreto fresco.

c: Masa del cemento del concreto.

Esta relación crece cuando se aumenta la cantidad de agua y decrece cuando se aumenta el contenido del cemento. En todos los casos cuanto sea más baja la relación agua/cemento mejor son las propiedades de la pasta del cemento endurecida.

La importancia de esta relación fue descubierta hace 60 años por Duff A. Abrams especialista de EE.UU. Después de haber observado y estudiado un gran número de hormigones de diferentes composiciones, anuncio dicha ley que expresa que con un agregado dado, la resistencia depende sólo de la relación agua/cemento del hormigón fresco.

ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO

➤ Definición

La escoria es un material no metálico consistente de una mezcla de óxidos y silicatos fundidos que se obtiene en los altos hornos y los hornos eléctricos. La ASTM la describe como: un agregado rugoso de origen mineral que se compone de silicatos de calcio y ferritas, combinados con óxidos fundidos de hierro, aluminio, calcio y magnesio. De acuerdo a la definición de este material: “mezclas de óxidos y silicatos fundidos “, ya la oxidación se completó totalmente, y en consecuencia no puede progresar más.

➤ Tipos

✓ Escoria de Altos Hornos

Se produce cuando se reduce los óxidos de hierro para convertirlos en arrabio líquido. Son de rápido enfriamiento y forma vítrea; utilizada comúnmente en la fabricación de cemento, y no tiene aplicación directa en obras de vialidad. Solidificada lentamente, esta escoria es cristalina y se usa sobretodo en la construcción gracias a sus resaltantes propiedades de aislamiento y su alta estabilidad.

✓ Escoria de Horno de Arco Eléctrico

La escoria de acería de horno de arco eléctrico, es un subproducto del proceso siderúrgico en que el arrabio y/o la chatarra se refinan para producir acero. Este material, cuando está en estado sólido es un excelente agregado para la construcción de carreteras y vías férreas e inclusive se conoce que posee propiedades cementantes. Las escorias de acería presentan a veces marcadas diferencias entre sí, debidas a la naturaleza del proceso (ácido, básico), del tipo de carga (chatarra, pre-reducidos, entre otros) inclusive del tipo de acero producido.

➤ Producción de la Escoria de Horno de Arco Eléctrico

El principal productor de escoria de acería es la siderúrgica SIDERPERU, en sus instalaciones ubicadas en la ciudad de Chimbote.

La materia prima principal utilizada en la fabricación del acero en el horno de arco eléctrico es la chatarra, además se utilizan ferroaleaciones, cal, y oxígeno. El horno de arco eléctrico, normalmente, es cilíndrico y está recubierto de refractario básico, dispone de una bóveda por donde se alimentan las diferentes materias primas, con la ayuda de una cesta, una ventana utilizada para operar durante la fusión y para desescoriar, y una piquera que se utiliza para la evacuación del acero (Chil,2003).

La chatarra junto al resto de las materias primas se alimenta por la parte superior del horno. A continuación se cierra el horno y se procede a aplicar el régimen eléctrico establecido previamente, con el cual se fundirá la chatarra producto del arco eléctrico surgido entre los electrodos y la chatarra.

El proceso de fusión en un Horno de Arco Eléctrico se divide en dos etapas diferentes en cuanto al consumo de energía: la primera etapa comprende el período de fusión y la segunda los períodos de oxidación y de reducción (Bogachkov, 2001).

La fabricación del acero va acompañada de los procesos de oxidación del hierro y de sus impurezas, así como por los procesos de corrosión del revestimiento de los aparatos de fusión de acero. También el material que se carga en los aparatos de fusión de acero tiene una cantidad menor o mayor de impurezas. Además al efectuar la fusión se agregan generalmente al baño diferentes fundentes y materiales aditivos. Todo lo anterior trae como resultado la formación de una fase no metálica denominada escoria (Bogachkov, 2001).

Durante la elaboración del acero, la escoria fundida que flota sobre este, separado por gravedad, se vacía en ollas o baldes de 25 metros cúbicos de capacidad, los cuales son retirados por unos vehículos de neumáticos transportadores (llamados “pot-carrier”), y llevados al depósito de escorias, donde se vacían directamente sobre el suelo en estado líquido y se enfrían con chorros de agua; este proceso se conoce como “trituration por agua”.

Posteriormente, y una vez enfriada, se recoge la escoria mediante cargadores frontales sobre cauchos y se alimenta a la planta separadora magnética y cernidora, donde se recuperan todas las partículas metálicas para su reutilización en la acería. La escoria se separa en diversos tamaños y se apila para, su uso posterior.

➤ **Propiedades de la Escoria de Horno de Arco Eléctrico**

✓ **Propiedades Físicas de la Escoria**

La escoria de acería tiene superficialmente una textura rugosa, forma cúbica y angular. Internamente cada partícula es de naturaleza vesicular, con muchas celdas no intercomunicadas. La estructura celular se forma por los gases atrapados en la escoria caliente en el momento de enfriado y solidificación. Como las celdas no forman pasajes interconectados, el término “celular y Vesicular” es más aplicable a la escoria que el término “poroso”. Cuando la escoria líquida es sometida al proceso de “trititación por agua” se forman fragmentos cúbicos con muy pocas partículas alargadas. Esta angulosidad, combinada con su textura rugosa y peso hace la escoria de acería de un material ideal para balasto de vías férreas, bases granulares de carreteras, pavimentos asfálticos, tratamientos superficiales y sellos.

Para la mezcla de concreto programada, se analizó las propiedades físicas y de calidad de la escoria.

✓ **Propiedades Químicas de la Escoria**

La composición química de las escorias, determinadas mediante análisis elementales por fluorescencia, usualmente se expresa en términos referentes a óxidos simples.

Virtualmente todas las escorias caen dentro de ciertos rangos químicos pero no todas las escorias de acerías son convenientes.

La forma mineralógica de las escorias y las proporciones relativas de estos compuestos son muy dependientes del proceso de fabricación del acero y la manera en que son enfriadas.

➤ OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE

) VARIABLE DEPENDIENTE

Tabla N° 08 – Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del concreto	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga admisible. $f'c=210 \text{ kg/ cm}^2$	Kg/cm².

Fuente: Elaboración propia.

) VARIABLE INDEPENDIENTE

Tabla N° 09 – Operacionalización de la variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Escoria de horno de arco eléctrico	Subproducto de la industria de acero formado fundamentalmente por calcio, hierro y silicato de magnesio.	45% y 48%

Fuente: Elaboración propia.

La hipótesis planteada en la tesis es:

La sustitución del agregado grueso en un 45% y 48% con precursores puzolánicos de óxido de calcio, dióxido de silicio y trióxido de aluminio presentes en la escoria de horno de arco eléctrico, permitiría obtener una resistencia a la compresión del orden de un concreto convencional.

Se plantea como objetivo general: Determinar la resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al agregado grueso en un 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico, en comparación de un diseño convencional $f'_c = 210 \text{ Kg /cm}^2$, elaborados con cemento portland tipo I, así mismo los objetivos específicos:

- Analizar la composición química de la escoria de horno de arco eléctrico usando el Método de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X **(FRX)**.
- Determinar la relación agua – cemento para el concreto de la probeta patrón y experimental.
- Determinar la resistencia a la compresión de las probetas patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado.
- Comparar y analizar los resultados.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Tipo de Investigación










Es una investigación explicativa porque se quiere determinar cómo se comporta la resistencia del concreto cuando se reemplaza un porcentaje del agregado grueso por escoria de horno de arco eléctrico.

El tipo de investigación es Aplicada, porque los resultados obtenidos sirven para la solución de problemas relacionados al diseño de mezcla, mejorando así las propiedades del concreto tales como: resistencia a la compresión, trabajabilidad, etc.

Diseño de Investigación

La investigación según su alcance y naturaleza corresponde a un diseño EXPERIMENTAL del caso diseño en bloque completo al azar, porque mediante la aplicación del método de la experimentación y de la observación científica se determina el resultado de la resistencia a la compresión en el diseño de mezcla de concreto en donde se va a comparar tres grupos de estudio realizando el control y manipulación de la variable independiente en base a sus dimensiones del diseño de mezcla de concreto sustituyendo al agregado grueso por escoria de horno de arco eléctrico en un 45% y 48%, buscando resultados a través de una serie de repeticiones de acuerdo al ensayo del concreto en estado endurecido que mide la resistencia a la compresión. Los ensayos se ejecutan en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro de Chimbote, observando y debatiendo los resultados. Siendo su diseño de investigación el siguiente:

Tabla N° 10 – Esquema del diseño experimental

DÍAS DE CURADO	RESISTENCIA DEL CONCRETO CON PORCENTAJE DE ESCORIA		
	0%	45%	48%
7			
14			
28			

Fuente: Elaboración propia.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población:

Conjunto de probetas cilíndricas con un diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Muestra:

Está constituida por 27 probetas de concreto, de la siguiente manera: (0%)

de sustitución: 9 (Probetas de patrón convencional).

(45%) de sustitución de Escoria de Horno de Arco Eléctrico: 9 (Experimentales).

(48%) de sustitución de Escoria de Horno de Arco Eléctrico: 9 (Experimentales)

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Técnica de Investigación: LA OBSERVACIÓN CIENTÍFICA. Como instrumento tenemos la Guía de observación, correspondiente a los siguientes ensayos (ver anexo):

- Ensayo Granulométrico del agregado fino y grueso
- Ensayo de Peso Específico del agregado fino y grueso
- Ensayo de Absorción del agregado fino y grueso
- Ensayo de Peso Unitario del agregado fino y grueso
- Ensayo de Abrasión del agregado grueso
- Contenido de Humedad del agregado fino y grueso
- Diseño de Mezcla
- Ensayo a la Comprensión

Tabla N° 11 – Técnicas de recolección de la información

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento
La Observación Científica	Guía De Observación Resumen. Fichas técnicas de laboratorio de Mecánica de suelos y ensayo de materiales

Fuente: Elaboración propia.

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Recolectada la información, su procesamiento es ejecutado en una hoja de cálculo Excel. Para ejecutar el análisis de los datos se toman en cuenta:

- Cálculo de la dosificación para el diseño de mezcla del concreto patrón y con la adición de escoria de horno de arco eléctrico.
- Representación de los resultados obtenidos mediante tablas, gráficos, porcentajes, promedios y una prueba de ANOVA para verificar la hipótesis.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ESCORIA

Tabla N° 12 - Composición química de la escoria de horno de arco eléctrico

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de Calcio (CaO)	34,423	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	31,528	
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	21,820	
Óxido de Magnesio (MgO)	5,371	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	2,745	
Óxido de Titanio (TiO)	2,134	
Óxido de Manganeso (MnO)	1,261	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0,718	

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio Labicer-UNI

RELACIÓN AGUA-CEMENTO PARA EL CONCRETO PATRÓN Y EXPERIMENTAL

Diseño de Mezcla Patrón $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI.
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días.

MATERIALES

A. Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico..... 3.12

B. Agua:

- Potable, de la zona.

C. Agregado Fino: CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1585 kg/m³
- Peso unitario compactado 1780 kg/cm³
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

D. Agregado grueso: CANTERA: RUBEN

- Tamaño máximo nominal ½
- Peso específico de masa 2.96
- Peso unitario suelto 1433 kg/m³
- Peso unitario compactado 1547 kg/m³
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 1.33 %

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2", el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³.

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.684

FACTOR CEMENTO

$$F.C.: 216/0.684 = 315.789 \text{ kg/m}^3 = 7.43 \text{ bolsas/m}^3$$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	315.789 kg/m ³
Agua efectiva.....	226.559 lts/m ³
Agregado fino.....	958.834 kg/m ³
Agregado grueso... ..	914.005 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{958.834}{315.79} : \frac{914.01}{315.79}$$

$$1 : 3.04 : 2.89 : 30.49 \text{ lts/bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 2.863.01 : 30.49 \text{ lts/bolsa}$$

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.717

Diseño de Mezcla Experimental 45%

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI.
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A. Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico..... 3.12

B. Agua:

- Potable, de la zona.

C. Agregado Fino: CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1585 kg/m³
- Peso unitario compactado 1780 kg/cm³
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

D. Agregado grueso: CANTERA: RUBEN

➤ Tamaño máximo nominal	½
➤ Peso específico de masa	2.90
➤ Peso unitario suelto	1408 kg/m³
➤ Peso unitario compactado	1512 kg/m³
➤ Contenido de humedad	0.38 %
➤ Absorción	2.46 %

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2", el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³.

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.684

FACTOR CEMENTO

$$F.C.: 216/0.684 = 315.789 \text{ kg/m}^3 = 7.43 \text{ bolsas/m}^3$$

VOLÚMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m³)	0.101
Escoria de acería 45% sustitución por agregado grueso.....	(m³)	0.138
Agua efectiva.....	(m³)	0.216
Agregado fino.....	(m³)	0.351
Agregado grueso... ..	(m³)	0.169
Aire	(m³)	<u>0.025</u>
		1.00 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	315.789 kg/m ³
Escoria de acería 45% sustitución por agregado grueso.....	399.402 kg/m ³
Agua efectiva.....	216.000 kg/m ³
Agregado fino.....	953.391 kg/m ³
Agregado grueso.....	428.030 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	315.789 kg/m ³
Escoria de acería 45% sustitución por agregado grueso.....	400.906 kg/m ³
Agua efectiva.....	238.984 kg/m ³
Agregado fino.....	958.834 kg/m ³
Agregado grueso.....	489.996 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{400.906}{315.79} : \frac{958.83}{315.79} : \frac{490.00}{315.79}$$

$$1 : 1.27 : 3.04 : 1.55 : 32.163 \text{ lts/bolsa}$$

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.756

Diseño de Mezcla Experimental 48%

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI.
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A. Cemento:

- Tipo I “Pacasmayo”
- Peso específico..... 3.12

B. Agua:

- Potable, de la zona.

C. Agregado Fino: CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1585 kg/m³
- Peso unitario compactado 1780 kg/cm³
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

D. Agregado grueso: CANTERA: RUBEN

- Tamaño máximo nominal ½
- Peso específico de masa 2.90
- Peso unitario suelto 1408 kg/m³
- Peso unitario compactado 1512 kg/m³
- Contenido de humedad 0.38 %
- Absorción 2.46 %

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2", el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³.

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.684

FACTOR CEMENTO

F.C.: $216/0.684 = 315.789 \text{ kg/m}^3 = 7.43 \text{ bolsas/m}^3$

VOLÚMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.101
Escoria de acería 45% sustitución por agregado grueso.....	(m ³)	0.147
Agua efectiva.....	(m ³)	0.216
Agregado fino.....	(m ³)	0.351
Agregado grueso... ..	(m ³)	0.160
Aire	(m ³)	<u>0.025</u>
		1.00 m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	315.789 kg/m ³
Escoria de acería 45% sustitución por agregado grueso.....	426.029 kg/m ³
Agua efectiva.....	216.000 kg/m ³
Agregado fino.....	953.391 kg/m ³
Agregado grueso.....	461.531 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	315.789 kg/m ³
Escoria de acería 45% sustitución por agregado grueso	427.633kg/m ³
Agua efectiva.....	238.984 kg/m ³
Agregado fino.....	958.834 kg/m ³
Agregado grueso.....	463.269 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{427.633}{315.79} : \frac{958.834}{315.79} : \frac{463.27}{315.79}$$

$$1 : 1.35 : 3.04 : 1.47 : 32.163 \text{ lts/bolsa}$$

RELACIÓN AGUA-CEMENTO

Se obtiene una relación agua-cemento de 0.756

PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

Resistencia a la Compresión

Se realizó una mezcla para el concreto Patrón y dos mezclas para el concreto con adición de Escoria (45% y 48%), y se hizo 09 probetas para cada una, las cuales se ensayaron por compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 13 - Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
01	PROBETA PATRÓN	3.0	12/10/2016	19/10/2016	7	176.51	84.05
	P – 01						
02	PROBETA PATRÓN	3.0	12/10/2016	19/10/2016	7	169.14	80.55
	P – 02						
03	PROBETA PATRÓN	3.0	12/10/2016	19/10/2016	7	177.46	84.50
	P – 03						

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

Tabla N° 14 - Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 14 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
04	PROBETA PATRÓN	3.0	12/10/2016	26/10/2016	14	201.92	96.15
	P – 04						
05	PROBETA PATRÓN	3.0	12/10/2016	26/10/2016	14	202.70	96.52
	P – 05						
06	PROBETA PATRÓN	3.0	12/10/2016	26/10/2016	14	207.43	98.78
	P – 06						

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

Tabla N°15 - Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 28 días de curado

TESTIGO	SLUMP	FECHA	EDAD	FC	FC/F'C
N° ELEMENTO	(")	MOLDEO ROTURA	DÍAS	Kg/cm ²	(%)
07 PROBETA PATRÓN	3.0	09/11/2016 26/10/2016	28	222.09	105.76
P – 07					
08 PROBETA PATRÓN	3.0	09/11/2016 26/10/2016	28	215.35	102.55
P – 08					
09 PROBETA PATRÓN	3.0	09/11/2016 26/10/2016	28	221.10	105.28
P – 09					

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

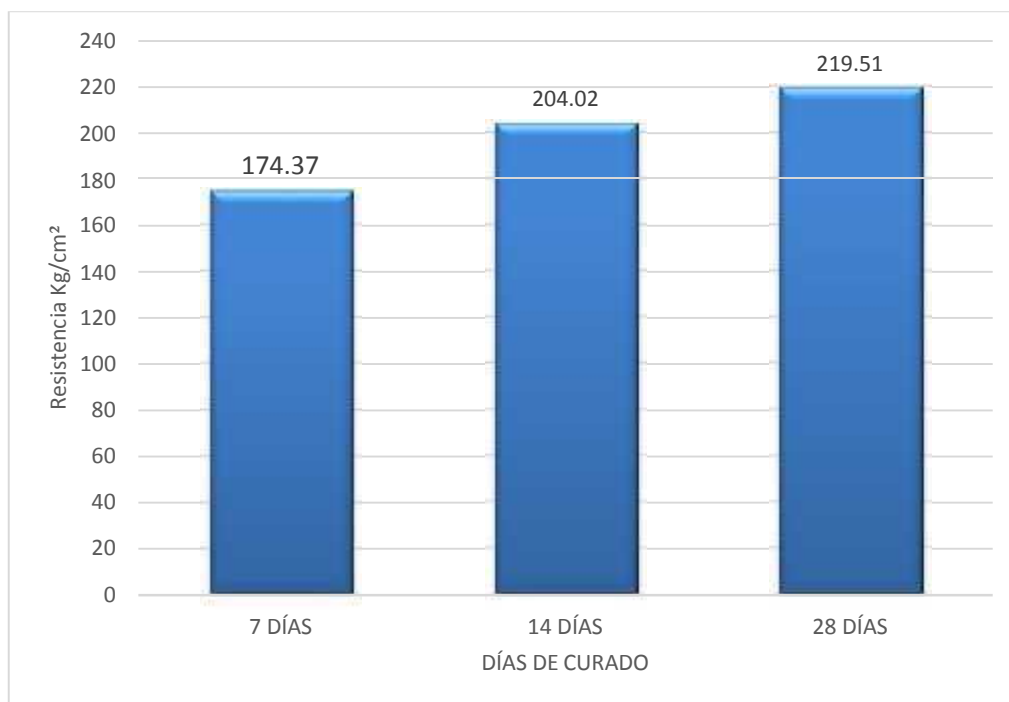


Gráfico N° 01. Resistencia a la compresión del concreto patrón 7,14 y 28 días.

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 16 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 45% escoria a los 7 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	Kg/cm²	(%)
01	<u>PROBETA EXP-45%</u>	3.5	07/11/2016	14/11/2016	7	189.96	90.46
EXP – 01							
02	<u>PROBETA EXP 45%</u>	3.5	07/11/2016	14/11/2016	7	189.74	90.35
EXP – 02							
03	<u>PROBETA EXP-45%</u>	3.5	07/11/2016	14/11/2016	7	171.41	81.62
EXP – 03							

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

Tabla N° 17 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 45% escoria a los 14 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	Kg/cm²	(%)
04	<u>PROBETA EXP-45%</u>	3.5	07/11/2016	21/11/2016	14	214.74	102.26
EXP – 04							
05	<u>PROBETA EXP 45%</u>	3.5	07/11/2016	21/11/2016	14	211.36	100.65
EXP – 05							
06	<u>PROBETA EXP-45%</u>	3.5	07/11/2016	21/11/2016	14	215.92	102.82
EXP – 06							

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

Tabla N° 18 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 45% escoria a los 28 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	Kg/cm²	(%)
07	PROBETA EXP-45%	3.5	07/11/2016	05/12/2016	28	242.64	115.54
EXP – 07							
08	PROBETA EXP 45%	3.5	07/11/2016	05/12/2016	28	243.69	116.04
EXP – 08							
09	PROBETA EXP-45%	3.5	07/11/2016	05/12/2016	28	240.48	114.51
EXP – 09							

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

Tabla N° 19 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 48% escoria a los 7 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	Kg/cm²	(%)
01	PROBETA EXP-48%	3.4	08/11/2016	15/11/2016	7	179.88	85.66
EXP – 01							
02	PROBETA EXP 48%	3.4	08/11/2016	15/11/2016	7	179.88	85.66
EXP – 02							
03	PROBETA EXP-48%	3.4	08/11/2016	15/11/2016	7	187.11	89.10
EXP – 03							

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

Tabla N° 20 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 48% escoria a los 14 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	Kg/cm²	(%)
04	<u>PROBETA EXP-48%</u>	3.4	08/11/2016	22/11/2016	14	208.10	99.10
EXP – 04							
05	<u>PROBETA EXP 48%</u>	3.4	08/11/2016	22/11/2016	14	205.70	97.95
EXP – 05							
06	<u>PROBETA EXP-48%</u>	3.4	08/11/2016	22/11/2016	14	210.46	100.22
EXP – 06							

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

Tabla N° 21 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 48% escoria a los 28 días de curado

TESTIGO		SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	Kg/cm²	(%)
07	<u>PROBETA EXP-48%</u>	3.4	08/11/2016	06/12/2016	28	217.24	103.45
EXP – 07							
08	<u>PROBETA EXP 48%</u>	3.4	08/11/2016	06/12/2016	28	221.43	105.44
EXP – 08							
09	<u>PROBETA EXP-48%</u>	3.4	08/11/2016	06/12/2016	28	222.83	106.11
EXP – 09							

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

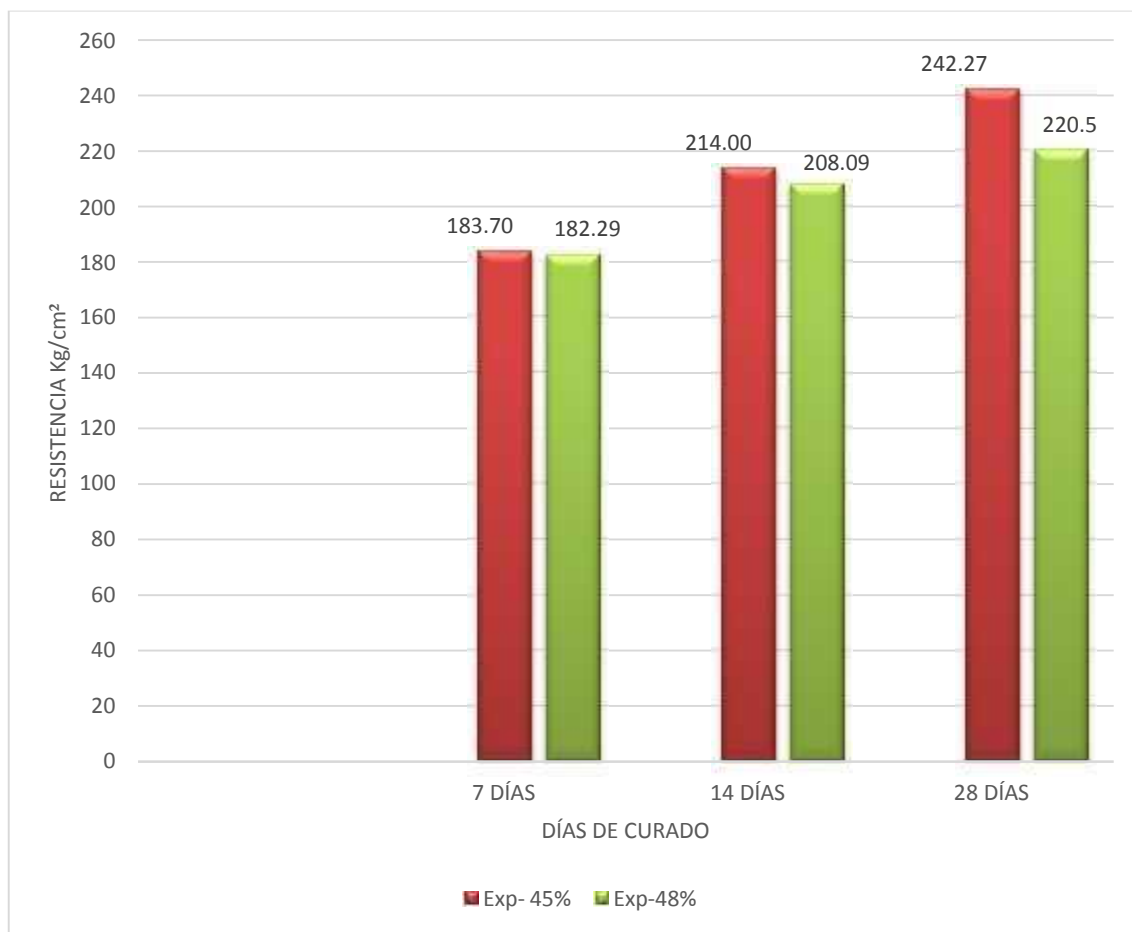


Gráfico N° 02. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto experimental 45% y 48% a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: elaboración propia

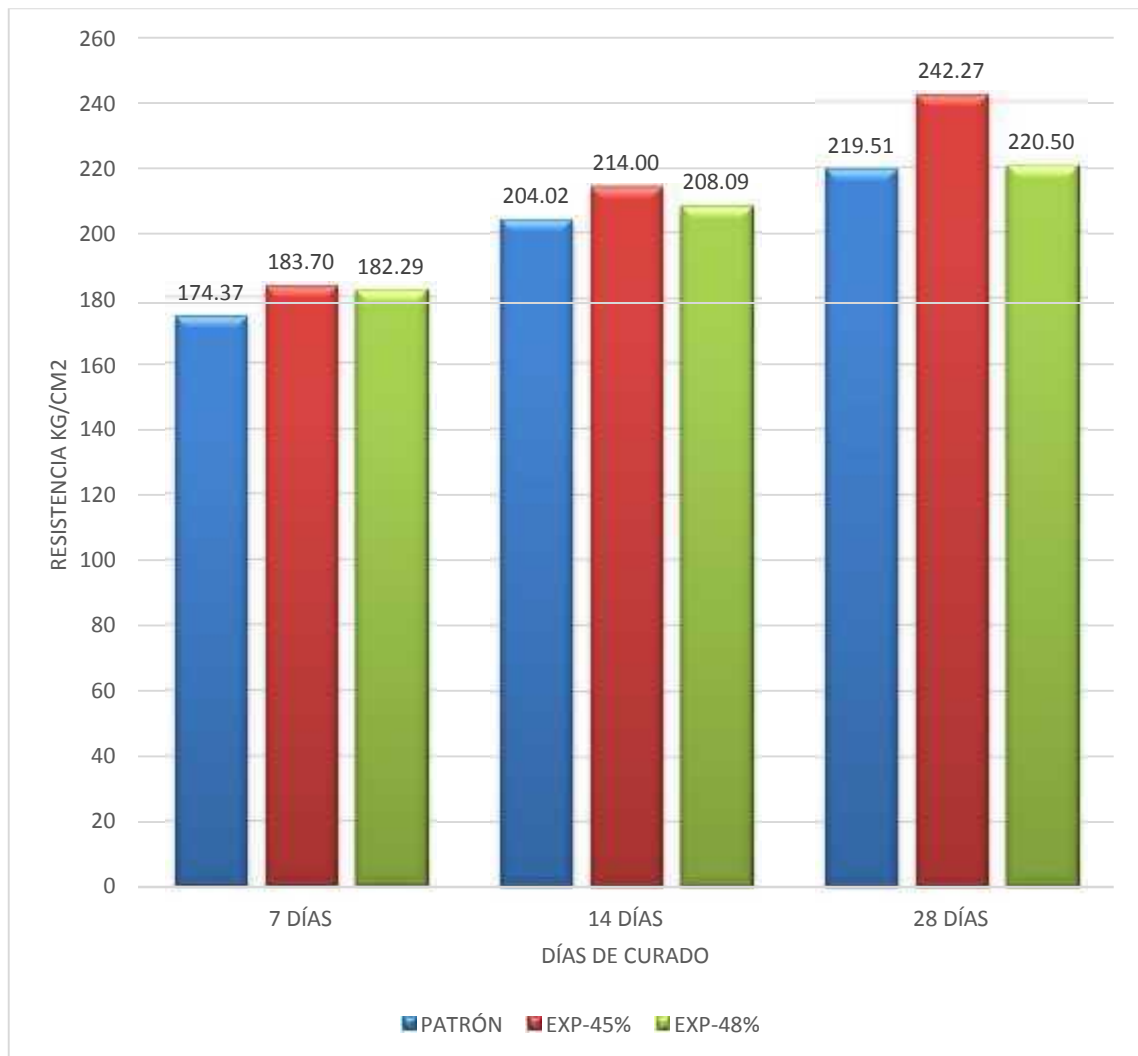


Gráfico N° 03. Comparación de la resistencia a la compresión concreto patrón y experimental 45% y 48% a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: elaboración propia

CÁLCULOS DE LAS PRUEBAS DE HIPÓTESIS CON SPSS

Tabla N° 22: Resistencias a la compresión de las probetas de concreto con un porcentaje de agregado grueso sustituido con escoria de horno de arco eléctrico según días de curado

Días de curado	Resistencia con porcentaje de sustitución		
	0%	45%	48%
7	174,37	183,70	182,29
14	204,02	214,01	208,09
28	219,51	242,27	220,50

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N° 22 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias se presentan a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro – Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene) de las resistencias medias obtenidas en las probetas para cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de agregado grueso por escoria de horno de arco eléctrico) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla N° 23: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución	309.557	2	154.779	5.055	0,080
Días de curado	3405.557	2	1702.778	55.611	0,001
Error	122.478	4	30.619		
Total	3837.592	8			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 23 se puede visualizar que el $p\text{-value} > \alpha$ ($0.080 > 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para no rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm² logradas en las probetas con sustitución del agregado grueso en 0%, 45% y 48% por escoria de horno de arco eléctrico, son iguales.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($0.001 < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas son diferentes a consecuencias de los día de curado.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos del ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos X, según la Tabla N° 10 demuestran la presencia de precursores puzolánicos en elevados porcentajes tales como: óxido de calcio CaO (34.423 %), dióxido de silicio SiO_2 (31.528 %) y trióxido de aluminio Al_2O_3 (21.82 %), los cuales favorecen las propiedades cementantes del material pues son semejantes a los porcentajes del cemento (ver Tabla N° 01 y N° 02) y en comparación a los ensayos realizados a la escoria por Vélez, A. (2013) los porcentajes de su composición son semejantes a excepción del trióxido de hierro Fe_2O_3 (33.85 %) que presenta un mayor porcentaje y el trióxido de aluminio Al_2O_3 (< a 1%) presenta un menor porcentaje, esto debido al proceso propio de fabricación del acero, del tipo de carga empleada (chatarra, pre-reducidos entre otros), la manera que son enfriadas e inclusive del tipo de acero producido.

El óxido de calcio (CaO) con el dióxido de silicio (SiO_2) forman el silicato tricálcico (C_3S), y el trióxido de aluminio (Al_2O_3) con el óxido de calcio (CaO) forman el aluminato tricálcico, los cuales se hidratan y endurecen rápidamente otorgando la resistencia inicial al concreto. Además el óxido de calcio (CaO) con el dióxido de silicio (SiO_2) también forman el silicato dicálcico (C_2S), el cual se hidrata y endurece con lentitud brindando resistencia al concreto a edades mayores es así que alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo.

Además la escoria no presenta sustancias nocivas para la salud y medio ambiente tales como plomo, cadmio, mercurio, arsénico entre otros, ni tampoco muestra elevados porcentajes de sustancias perjudiciales para el concreto como cloruros, sulfuros, sulfatos y azufre, lo cual es semejante a los resultados obtenidos por los antecedentes presentados.

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón, según las Tablas N°13, N°14, N°15 y el Gráfico N° 02, muestran que a los 7 días de curado alcanzó una resistencia promedio de 174.37 kg/cm^2 .

También se observa que los resultados obtenidos a los 14 días (204.02 kg/cm²) y 28 días (219.51 kg/cm²) superaron el 85% y 100% respectivamente.

Los resultados adquiridos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental 45% escoria, según las Tablas N° 16, N° 17, N°18, expresan que a los 7 días de curado alcanzó una resistencia promedio de 183.70 kg/cm². También se observa que los resultados obtenidos a los 14 días (214.00 kg/cm²) y 28 días (242.27 kg/cm²) superaron el 85% y 100% respectivamente.

Los resultados adquiridos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental 48% escoria, según las Tablas N° 19, N° 20, N°21, expresan que a los 7 días de curado obtuvo una resistencia promedio de 182.29 kg/cm². También se observa que los resultados obtenidos a los 14 días (208.09 kg/cm²) y 28 días (220.50 kg/cm²) superaron el 85% y 100% respectivamente. Asimismo del Gráfico N° 02 se observa que el concreto experimental con 45% de escoria registró una resistencia mayor.

En general el Gráfico N° 03 muestra que el concreto experimental con 45% de escoria obtuvo una mayor resistencia a la compresión que el concreto experimental con 48% de escoria y el concreto patrón, lo que significa que para realizar un mejor diseño el porcentaje óptimo de sustitución del agregado grueso por escoria es un 45%.

En conclusión se obtuvo resultados satisfactorios en los ensayos de resistencia a la compresión realizados a las probetas experimentales en comparación con las probetas patrón.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES

- El concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 174.37 kg/cm² a los 7 días de curado, a los 14 días 204.02 kg/cm² y a los 28 días 219.51 kg/cm². El concreto experimental con 45% de escoria alcanzó una resistencia promedio de 183.70 kg/cm² a los 7 días de curado, a los 14 días 214.00 kg/cm² y a los 28 días 242.27 kg/cm² y el concreto experimental con 48% de escoria alcanzó una resistencia promedio de 182.29 kg/cm² a los 7 días de curado, a los 14 días 208.09 kg/cm² y a los 28 días 220.50 kg/cm².
- Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión demuestran que el concreto experimental al 45% y 48% de sustitución del agregado grueso por escoria de horno de arco eléctrico superan la resistencia promedio del concreto patrón, pero el concreto experimental con 45% de escoria es el que presenta mejores resultados.
- Los resultados del ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos X demuestran elevados porcentajes de: óxido de calcio CaO, dióxido de silicio SiO₂ y trióxido de aluminio Al₂O₃, los cuales favorecen las propiedades cementantes del material pues son semejantes a los porcentajes del cemento. El óxido de calcio CaO y el trióxido de aluminio Al₂O₃ se hidratan rápidamente y otorgan la resistencia inicial, y el dióxido de silicio SiO₂ otorga resistencia a edades mayores.
- La relación agua-cemento del concreto patrón es 0.717 y la relación agua-cemento del concreto experimental es 0.756, debido principalmente a que la escoria de horno de arco eléctrico presenta mayor absorción y menor contenido de humedad en comparación al agregado grueso convencional, por lo cual el concreto experimental tiene mayor trabajabilidad.
- La utilización de la escoria de horno de arco eléctrico sustituyendo al agregado grueso en la producción de concreto ayuda a reducir la extracción de recursos naturales, mitigando el impacto ambiental que se genera en esta actividad extractiva.

VI. RECOMENDACIONES

- El concreto con agregado grueso sustituido por escoria de horno de arco eléctrico presenta resultados positivos lo cual amerita realizar estudios y ensayos más especializados que describan el comportamiento del agregado y la mezcla de concreto, con la finalidad de otorgar beneficios técnicos y ambientales en nuestro entorno.
- Realizar el ensayo de resistencia a la compresión a edades mayores de 28 días, tales como 45, 60, 90 días, ya que su resistencia (según Gráfico N° 03) sigue aumentando.
- Es conveniente determinar las propiedades físicas y químicas de la escoria, dado que presentan marcadas diferencias entre sí, debido a la naturaleza de su producción.
- Se recomienda mantener el mismo procedimiento de seleccionado del agregado grueso y de la escoria de horno de arco eléctrico, la cual consiste en mantener ambas una misma granulometría.

CAPÍTULO VI

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme al camino correcto, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles, y por ser la guía que me conduce hacia el buen camino.

A mi madre, madrina, padrino, abuela, tíos, , mi compañera de vida, mi adorada hija y demás familiares por la confianza depositada, pues son ellos quienes me dieron una formación basada en la práctica de valores y por su apoyo incondicional.

Al área de Gestión Ambiental de la Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A – SIDERPERÚ – CHIMBOTE por las facilidades en proporcionar el material empleado (escoria de acería de horno de arco eléctrico).

Asimismo mi gratitud a: Ing. Miguel Solar Jara, Ing. Gumercindo Flores, Dr. Julián Benítez e ingenieros docentes de la universidad, por brindar sus valiosas enseñanzas, basadas en su experiencia laboral, por sus consejos y orientación en este trabajo de investigación, y apoyar al logro de mis objetivos profesionales.

Tirado Chávez Jimmy Gerson

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM Internacional. (2014). *ASTM INTERNATIONAL*. Recuperado de <http://www.astm.org/>
- Bogachkov, A. (2001). *Estudio para la utilización de la escoria del horno cuchara en la elaboración de cementos* (tesis de pregrado). Instituto Superior Politécnico José Echeverría, Ciudad de la Habana, Cuba.
- Chil, J. (2003). *Estudio del régimen de insuflado de carbono para la formación de escoria espumosa en el horno de arco eléctrico de Antillana de Acero* (tesis de pregrado). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Cruz, R., Franco, D. & Pérez, L. (2014). Reemplazo del Agregado Fino por Escoria de Horno de Cubiote para la Fabricación de Concreto. *Inge CUC*, 10 (1), 83-84.
- Flores, R. , & Lozano, R. (2011). *Efecto del Uso de Escorias de la Siderúrgica en Pavimentación de Chimbote y Nuevo Chimbote* (tesis de pregrado). Universidad Del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Martínez, J. (2010). *Cementos y Morteros*. Colombia: Trillas.
- National Ready Mixed Concrete Association. (1991). *Resistencia a la Compresión del Concreto*. Recuperado de <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>
- NTP 334.001:2013. CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura.
- NTP 334.009:2013. CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos.
- NTP 339.088:2014. HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.
- NTP 339.185:2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

- NTP 400.011:2013. AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.
- NTP 400.012:2013. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP 400.017:2011. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- NTP 400.018:2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (200) por lavado en agregados.
- NTP 400.021:2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.022:2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
- Parra, L., & Sánchez, D. (2010). *Análisis de la Valorización de Escorias Negras como material Agregado para Concreto en el marco de la Gestión Ambiental de la Siderúrgica Diaco. Municipio Tuta Bocaya* (tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá D.C, Colombia.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima, Perú.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima, Perú.
- Salas, R. (2011). *Curado de concreto en obra*. Colombia: Trillas.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Colombia: Bhandar Editores.
- Soto, R. (2008). *Evaluación y Análisis de Mezcla de Concreto, elaboradas con Agregados de Origen Pétreo (Canto Rodado y Trituración) y Escoria de Acería* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Vélez, A. (2013). *Hormigones con Escoria de Acero de Horno Eléctrico: Prestaciones Mecánicas, Físicas y Químicas* (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Zuluaga, L. (2013). *Agregados para el Concreto*. Colombia: Trillas.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

ANEXO 1

LISTA DE TABLAS Y GRÁFICOS

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 01 – Materias primas principales del cemento	09
Tabla N° 02 – Porcentajes de materias primas principales del cemento	09
Tabla N° 03 – Características físicas del cemento tipo I	13
Tabla N° 04 – Características químicas del cemento tipo I	14
Tabla N° 05 – Requisitos Granulométricos del agregado fino	17
Tabla N° 06 – Requisitos Granulométricos del agregado grueso	20
Tabla N° 07 – Requisitos para agua de mezcla	21
Tabla N° 08 - Operacionalización de la variable dependiente	37
Tabla N° 09 - Operacionalización de la variable independiente	37
Tabla N° 10 – Esquema del diseño experimental	41
Tabla N° 11 – Técnicas de recolección de la información	42
Tabla N° 12 – Composición química de la escoria de horno de arco eléctrico	44
Tabla N° 13 – Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7 días de curado	53
Tabla N° 14 - Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 14 días de curado	53
Tabla N° 15 - Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 28 días de curado	54
Tabla N° 16 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 45% escoria a los 7 días de curado	55
Tabla N° 17 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 45% escoria a los 14 días de curado	55

Tabla N° 18 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental	
45% escoria a los 28 días de curado	56
Tabla N° 19 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental	
48% escoria a los 7 días de curado	56
Tabla N° 20 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental	
48% escoria a los 14 días de curado	57
Tabla N° 21 - Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental	
48% escoria a los 28 días de curado	57
Tabla N° 22 – Resistencias a la compresión de las probetas de concreto	
con un porcentaje de agregado grueso sustituido con escoria de horno de arco	
eléctrico según días de curado	60
Tabla N° 23 – Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las	
medias de las resistencias a la compresión de las probetas.	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01 – Resistencia a la compresión del concreto patrón 7,14 y 28 días	55
Gráfico N° 02 – Comparación de la resistencia a la compresión del concreto experimental 45% y 48% a los 7, 14 y 28 días	59
Gráfico N° 03 – Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental 45% y 48% a los 7, 14 y 28 días	60

ANEXO 2

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 01: Recolección del agregado fino de cantera.



Foto 02: Recolección del agregado grueso de cantera.



Foto 03: Muestras representativas de los diferentes agregados para la determinación de su contenido de humedad.



Foto 04: Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso.



Foto 05: Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino.



Foto 06: Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.



Foto 07: Ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino.



Foto 08: Ensayo de granulometría del agregado fino.



Foto 09: Tamizado y selección de la escoria.



Foto 10: Ensayo de peso unitario suelto y compactado de la escoria.



Foto 11: Ensayo de gravedad específica y absorción de la escoria.



Foto 12: Ensayo de contenido de humedad de la escoria.



Foto 13: Ensayo de granulometría de la escoria.



Foto 14: Ensayo de abrasión de la escoria.



Foto 15: Limpieza de probetas.



Foto 16: Peso de agregados para mezcla.



Foto 17: Mezclado del concreto.



Foto 18: Determinación de slump.



Foto 19: Vaceado del concreto a las probetas.



Foto 20: Enrasado de las probetas.



Foto 21: Acabado final de las probetas.



Foto 22: Vaceado de concreto en las probetas.



Foto 23: Curado de las probetas.



Foto 24: Ensayo de resistencia a la compresión.



Foto 25: Tipos de fallas en las probetas.



Foto 26: Tipos de fallas en las probetas.



Foto 27: Tipos de fallas en las probetas.

ANEXO 3

ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

ANEXO 4

**ENSAYOS DE LOS AGREGADOS, ESCORIA
Y CONCRETO**

ANEXO 5

PRUEBA DE HIPÓTESIS



INFORME TÉCNICO N° 1886 – 16 – LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : JIMMY GERSON TIRADO CHÁVEZ
 - 1.2 D.N.I : 45981929
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 07 / 12 / 2016
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 12 / 12 / 2016
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 13 / 12 / 2016
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ESCORIA DE HORNO
 - 4.2 TESIS : "RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO"
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 23 °C; Humedad relativa: 66%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. RESULTADOS

8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de Calcio (CaO)	34,423	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	31,528	
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	21,820	
Óxido de Magnesio (MgO)	5,371	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	2,745	
Óxido de Titanio (TiO)	2,134	
Óxido de Manganeseo (MnO)	1,261	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0,718	

*El porcentaje de error del equipo es de ± 0.02



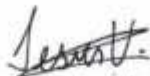
8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ELEMENTOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio (Si)	42,364	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Calcio (Ca)	31,556	
Aluminio (Al)	15,424	
Magnesio (Mg)	6,612	
Azufre (S)	2,251	
Titanio (Ti)	1,152	
Manganeso (Mn)	0,348	
Hierro (Fe)	0,311	

* El porcentaje de error del equipo es de $\pm 0.02\%$

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.



Bach. Jesús Utano Reyes
Analista Químico
LABICER – UNI



M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Jefa de Laboratorio
Responsable del análisis
CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO



Figura 1. Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X

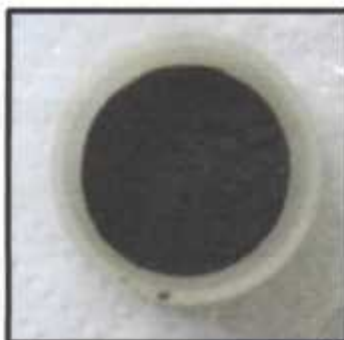


Figura 2. Fotografía de la Muestra de escoria de horno, colocada en el portamuestras



Figura 3. Muestra colocada en el Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



Figura 4. Muestra observada desde la cámara interna del Equipo de Fluorescencia de Rayos X



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 22/12/2016

F.C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	F.C. Kg/Cm ²	FCTC (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL 45%	3,4	08/11/2016	15/11/2016	7	179.88	85.66
02	EXPERIMENTAL 45%	3,4	08/11/2016	15/11/2016	7	179.80	85.66
03	EXPERIMENTAL 45%	3,4	08/11/2016	15/11/2016	7	187.11	89.10
04	EXPERIMENTAL 48%	3,4	08/11/2016	22/11/2016	14	208.10	99.10
05	EXPERIMENTAL 48%	3,4	08/11/2016	22/11/2016	14	205.70	97.95
06	EXPERIMENTAL 48%	3,4	08/11/2016	22/11/2016	14	210.46	100.12
07	EXPERIMENTAL 48%	3,4	08/11/2016	06/12/2016	28	217.54	103.45
08	EXPERIMENTAL 48%	3,4	08/11/2016	06/12/2016	28	221.43	105.44
09	EXPERIMENTAL 48%	3,4	08/11/2016	06/12/2016	28	222.83	106.11

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y trabajados por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

(SUSTITUCIÓN 45% DEL AGREGADO GRUESO)

SOLICITA : BACHTRADO CHAVEZ, JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 22/12/2010

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm^2 , a los 28 días

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

CANtera : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1585 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1760 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

D.- Agregado grueso-escoria

CANtera : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal $1\frac{1}{2}"$
- Peso específico de masa 2.80
- Peso unitario suelto 1408 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1512 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.38 %
- Absorción 2.48 %





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2", el volumen unitario de agua es de 216 l/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.101
Escoria de acería 45% sustitución por agregado grueso.....	(m ³)	0.138
Agua efectiva.....	(m ³)	0.216
Agregado fino.....	(m ³)	0.351
Agregado grueso.....	(m ³)	0.169
Aire.....	(m ³)	0.025
		<u>1.000 m³</u>

PESOS SECOS

Cemento.....	315.789 kg/m ³
Por escoria de acería.....	399.402 kg/m ³
Agua efectiva.....	216.000 lts/m ³
Agregado fino.....	953.391 kg/m ³
Agregado grueso.....	428.030 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	315.789 kg/m ³
Escoria de acería.....	400.806 kg/m ³
Agua efectiva.....	238.984 lts/m ³
Agregado fino.....	958.634 kg/m ³
Agregado grueso.....	489.696 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{400.806}{315.79} : \frac{958.83}{315.79} : \frac{490.00}{315.79}$$

$$1 : 1.27 : 3.04 : 1.55 \quad 32.163 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Cezar Tellez
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

(SUSTITUCIÓN 48% DEL AGREGADO GRUESO)

SOLICITA: BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA: 22/12/2016

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

CANtera : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1585 kg/m³
- Peso unitario compactado 1780 kg/m³
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de finesa 2.43

D.- Agregado grueso-escoria CANtera : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1/2"
- Peso específico de masa 2.90
- Peso unitario suelto 1408 kg/m³
- Peso unitario compactado 1512 kg/m³
- Contenido de humedad 0.38 %
- Absorción 2.46 %





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2", el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.101
Escoria de acería 45% sustitución por agregado grueso.....	(m ³)	0.147
Agua efectiva.....	(m ³)	0.216
Agregado fino.....	(m ³)	0.351
Agregado grueso.....	(m ³)	0.160
Aire.....	(m ³)	0.025
		<u>1.000 m³</u>

PESOS SECOS

Cemento.....	315.739 kg/m ³
Por escoria de acería.....	426.029 kg/m ³
Agua efectiva.....	216.000 lts/m ³
Agregado fino.....	953.391 kg/m ³
Agregado grueso.....	461.531 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	315.739 kg/m ³
Escoria de acería.....	427.633 kg/m ³
Agua efectiva.....	238.984 lts/m ³
Agregado fino.....	958.834 kg/m ³
Agregado grueso.....	463.269 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{427.633}{315.79} : \frac{958.83}{315.79} : \frac{463.27}{315.79}$$

$$1 : 1.35 : 3.04 : 1.47 \quad 32.163 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 22/12/2016

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso especifico de masa 2.71
- Peso unitario suelto 1586 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1780 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.04 %
- Módulo de fineza 2.43

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal $1\frac{1}{2}"$
- Peso especifico de masa 2.96
- Peso unitario suelto 1433 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1547 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 1.33 %





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1/2", el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : $216 / 0.684 = 315.79 \text{ kg/m}^3 = 7.43 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	315.789 kg/m ³
Agua efectiva.....	226.559 lts/m ³
Agregado fino.....	958.834 kg/m ³
Agregado grueso.....	914.005 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{315.79}{315.79} : \frac{958.834}{315.79} : \frac{914.01}{315.79}$$

1 : 3.04 : 2.89 : 30.49 lts / bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 2.86 : 3.01 : 30.49 lts / bolsa



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO EXPERIMENTAL 48%

SOLICITA : BACHETRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TÍTULO : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 40% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 22/12/2016

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
10:08:00 a.m.	10	5.0	5.0
10:18:00 a.m.	10	6.0	11.0
10:28:00 a.m.	10	6.0	17.0
10:38:00 a.m.	10	7.0	24.0
11:08:00 a.m.	30	5.0	29.0
11:38:00 a.m.	30	4.0	33.0
12:08:00 a.m.	30	0.0	33.0
12:38:00 a.m.	30	0.0	33.0
01:08:00 p.m.	30	0.0	33.0
	30	0.0	33.0

$$C = \frac{W}{W} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde:

C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w : Agua efectiva, en L

W : Cantidad total de materiales, en kg

V : Volumen final exudado, en L

$$V = 0.033 \text{ L}$$

Cemento kg/m³	2.035 kg
Escofia kg/m³	2.756 kg
w : Agua efectiva, en L	1.540 L
Ag Fino kg/m³	6.179 kg
Ag Grueso kg/m³	2.986 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	15.495 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.758$$

Peso del Recipiente kg	3.425 kg
Peso del concreto + recipiente	18.92 kg
S : Peso del concreto, en Kg	15.495 kg

$$C = 1.5 \text{ L}$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = 2.14 \%$$

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
0.67	33



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JGPE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO PATRON

SOLICITA: BACHITERADO CHAVEZ JIMMY GERSON
 TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 40% POR ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA: 22/12/2016

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:37:00 a.m.	10	5.0	5.0
09:47:00 a.m.	10	5.0	10.0
09:57:00 a.m.	10	4.0	14.0
10:07:00 a.m.	10	5.0	19.0
10:37:00 a.m.	30	4.0	23.0
11:07:00 a.m.	30	4.0	27.0
11:37:00 a.m.	30	5.0	32.0
12:07:00 a.m.	30	0.0	32.0
12:37:00 a.m.	30	0.0	32.0
	30	0.0	32.0

$$C = \frac{W}{W_t} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w : Agua efectiva, en L

W : Cantidad total de materiales, en kg

V : Volumen final exudado, en L

V	=	0.032 L
---	---	---------

Cemento kg/m³	2.035 kg
w : Agua efectiva, en L	1.46 L
Ag Fino kg/m³	6.179 kg
Ag Grueso kg/m³	6.890 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	15.564 kg

Peso del Recipiente kg	3.425 kg
Peso del concreto + recipiente	18.989 kg
S : Peso del concreto, en Kg	15.564 kg

C	=	1.5 L
---	---	-------

EXUDACION (%)	=	2.19 %
---------------	---	--------

$$\text{Relacion a/c} = 0.717$$

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
0.51	46



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO EXPERIMENTAL 45%

SOLICITA: RACHTRADO CHIRVEZ JIMMY GERSON
 TESS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 40% POR ESCORIA
 DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCAISH
 FECHA: 23/12/2016

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:54:00 a.m.	10	5.0	5.0
10:04:00 a.m.	10	6.0	11.0
10:14:00 a.m.	10	7.0	18.0
10:24:00 a.m.	10	6.0	24.0
10:54:00 a.m.	30	5.0	29.0
11:24:00 a.m.	30	4.0	33.0
11:54:00 a.m.	30	0.0	33.0
12:24:00 a.m.	30	0.0	33.0
12:54:00 a.m.	30	0.0	33.0
	30	0.0	33.0

$$C = \frac{W}{W} \times 5$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde:

C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w : Agua efectiva, en L

W : Cantidad total de materiales, en kg

V : Volumen final exudado, en L

V	=	0.033 lt
---	---	----------

Cemento kg/m³	2.035 kg
Escoria kg/m³	2.583 kg
w : Agua efectiva, en L	1.540 lt
Ag Fino kg/m³	6.179 kg
Ag Grueso kg/m³	3.158 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	15.495 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.758$$

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
0.66	34

Peso del Recipiente kg	3.425 kg
Peso del concreto + recipiente	18.92 kg
S : Peso del concreto, en Kg	15.495 kg

C	1.5 lt
---	--------

EXUDACIÓN (%)	2.14 %
---------------	--------



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 18/12



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO - ESCORIA (Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH: TRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARDO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANtera : CIDERPERU
MATERIAL : ESCORIA
FECHA : 22/12/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	758.20	750.70	804.00	788.70
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	496.10	485.60	537.70	523.10
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	260.10	264.80	266.30	263.60
D	Peso de material seco en estado	732.80	723.80	793.60	776.30
E	Volumen de masa (C-(A-D))	234.70	227.90	255.90	253.20
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.817	2.841	2.980	2.945
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.916	2.946	3.019	2.964
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	3.122	3.178	3.101	3.066
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	3.47	3.72	1.31	1.34

P.e. Bulk (Base Seca) 2.896
P.e. Bulk (Base Saturada) 2.966
P.e. Aparente (Base Seca) 3.116
Absorción (%) 2.46



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO (Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH. TRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : VESQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 11/12/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr	300.00	300.00
B	Peso de probeta + agua gr	688.00	688.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	988.00	988.00
D	Peso de probeta + agua + material gr	978.60	978.60
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	109.40	109.40
F	Peso de material seco en ensayo gr	296.80	296.80
G	Volumen de masa (E/(A-F))	106.30	106.30
H	P.e. Bulk (Base seca) PE	2.714	2.714
I	P.e. Bulk (Base Saturada) ME	2.742	2.742
J	P.e. Aparente (Base Seca) ME	2.793	2.793
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	1.04	1.04

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.714
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.742
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.793
Absorción (%) : 1.04



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO (Según norma ASTM C-127)

SOLICITA: BACHTRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TEMA: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANtera: TUGEN
MATERIAL: PIEDRA CHANCADA
FECHA: 22/13/2016

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	804.00	786.70
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	537.70	523.10
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	266.30	263.60
D	Peso de material seco en estufa	793.80	776.30
E	Volumen de masa (C-(A-D))	255.90	263.20
G	P.a. Bulk (Base Seca) D/C	2.980	2.945
H	P.a. Bulk (Base Saturada) A/C	3.019	2.964
I	P.a. Aparente (Base Seca) D/E	3.101	3.066
F	Absorción (%) (D-A/A)x100	1.31	1.34

P.a. Bulk (Base Seca) : 2.963
P.a. Bulk (Base Saturada) : 3.002
P.a. Aparente (Base Seca) : 3.084
Absorción (%) : 1.33



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO - EXPERIMENTAL 45%

SOLICITA: BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUELO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 40% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA: 22/12/2016

PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO TIPO I

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	20.66	20.67
Peso de molde	3.425	3.425
Peso de muestra	17.24	17.25
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007024	0.007024
Peso unitario (Kg/m3)	2454	2455
Peso unitario prom. (Kg/m3)	2454	

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

NOTA: La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO - EXPERIMENTAL 48%

SOLICITA: BACHTIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA: 22/12/2016

PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO TIPO I

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	20.68	20.69
Peso de molde	3.425	3.425
Peso de muestra	17.26	17.27
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007024	0.007024
Peso unitario (Kg/m3)	2457	2458
Peso unitario prom. (Kg/m3)	2457	

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

NOTA: La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO PATRON

SOLICITA: BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 49% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA: 23/12/2016

PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO TIPO I

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	20.40	20.38
Peso de molde	3.425	3.425
Peso de muestra	16.98	16.96
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007024	0.007024
Peso unitario (Kg/m3)	2417	2414
Peso unitario prom. (Kg/m3)	2415	

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

NOTA: La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JUPE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO-ESCORIA

SOLICITA : BACH. TIRADO CHÁVEZ JIMMY GERSON
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUE
 DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : SIDERPERU
 MATERIAL : ESCORIA
 FECHA : 22/12/2016

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03	03	03	03
Peso de molde + muestra	17950	18150	18100	18600	18650	18600
Peso de molde	5120	5120	5120	5120	5120	5120
Peso de muestra	12830	13030	12980	13480	13530	13480
Volumen de molde	9354	9354	9354	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1372	1393	1389	1441	1446	1441
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1413					
CORREGIDO POR HUMEDAD	1409					

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03	03	03	03
Peso de molde + muestra	18950	19000	18900	19650	19700	19700
Peso de molde	5120	5120	5120	5120	5120	5120
Peso de muestra	13830	13880	13780	14530	14580	14580
Volumen de molde	9354	9354	9354	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1479	1484	1473	1553	1559	1559
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1516					
CORREGIDO POR HUMEDAD	1511					



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA: BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
 TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO UNIFORME SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
 DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA: VRSUO E
 MATERIAL: ARENA GRUESA
 FECHA: 22/12/2016

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7782	7782	7744
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4456	4456	4418
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1596	1596	1585
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1594		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1595		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8300	8348	8306
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4974	5022	4980
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1784	1801	1788
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1791		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1780		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA: BACHILLERÍA CHAVEZ, JIMMY GERSON
TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA DE HORNO DE ARDO ELECTRICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA: RUBEN
MATERIAL: PIEDRA CHANCADA
FECHA: 22/12/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	10600	10600	10600
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13480	13530	13480
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1441	1443	1441
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1443		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1433		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	10650	10700	10700
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14530	14580	14580
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1553	1558	1558
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1557		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1547		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA ABRASION

(MAQUINA DE LOS ANGELES)

SOLICITA : EACHTIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESTS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR
ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 22/12/2016

Peso de la muestra (gr.) : 5000
Método : B
Número de esferas : 11
Número de revoluciones : 500
Desgaste (%) : 1141

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

SOLICITA : BACH TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR
ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL : ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
FECHA : 22/12/2016

Peso de la muestra (gr.) : 5000
Método : B
Número de esferas : 11
Número de revoluciones : 500
Desgaste (%) : 25.83

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
[Signature]
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO

(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH: TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : VESIGUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 22/12/2016

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	3.7	0.4	0.4	99.6
N° 6	2.36	54.1	6.3	6.7	93.3
N° 16	1.18	171.7	20.0	26.7	73.3
N° 30	0.60	212.5	24.7	51.5	48.5
N° 50	0.30	174.4	20.3	71.8	28.2
N° 100	0.15	121.0	14.1	85.9	14.1
N° 200	0.08	64.5	7.6	93.5	6.5
PLATO	ASTM C-117.04	36.8	4.3	100.0	0.0
TOTAL		858.7	100.0		

PROPIEDADES FISICAS

Módulo de Finiza : 2.43

OBSERVACIONES

La Muestra tomada identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Finos	Arena			Fino
Limo y Arcilla	Fino	Media	Gruesa	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

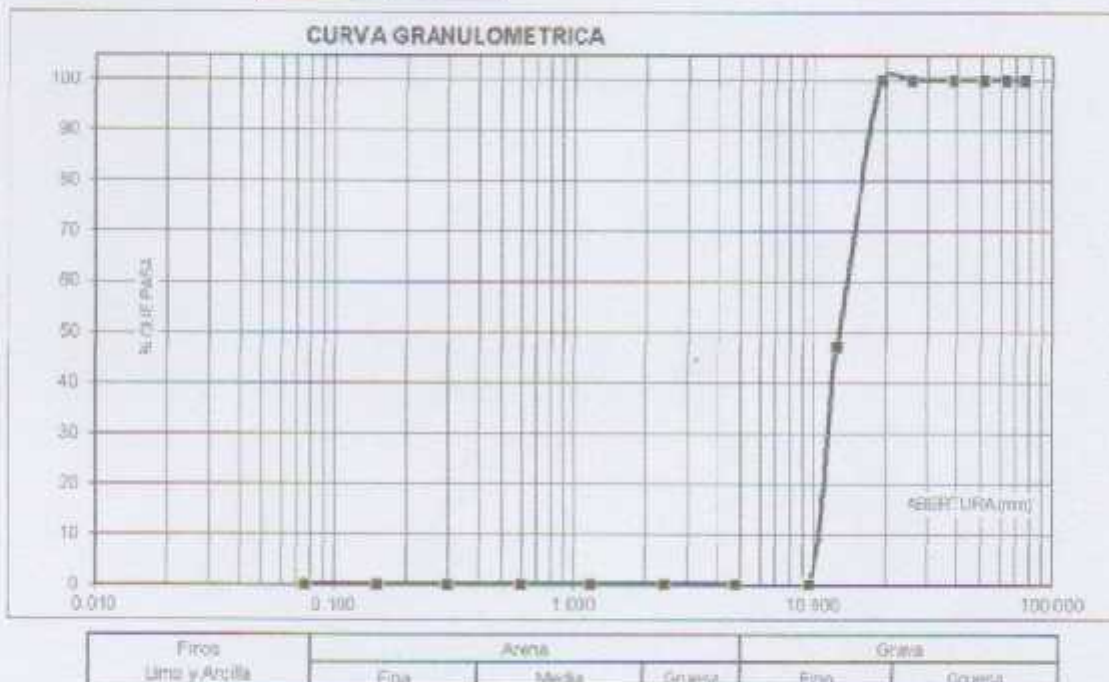
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA: BACHILLARDO CHAVEZ JIMMY GERSON
 TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA: RUBEN
 MATERIAL: PIEDRA CHANCADA
 FECHA: 22/12/2016

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumulo (%)	% Que pasa (gr.)
Nº					
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	12.500	1292.4	52.8	52.8	47.4
3/16"	9.520	1154.1	47.3	99.9	0.1
Nº 4	4.750	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 8	2.350	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 16	1.180	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 30	0.850	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.9	0.1
Nº 200	0.075	0.0	0.0	99.9	0.1
PLATO	ASTM C-117-04	3.2	0.1	100.0	0.0
TOTAL		7440.2	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	1/2"
Flujo	Nº 6 Ref. (ASTM C-35)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.





USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ESCORIA

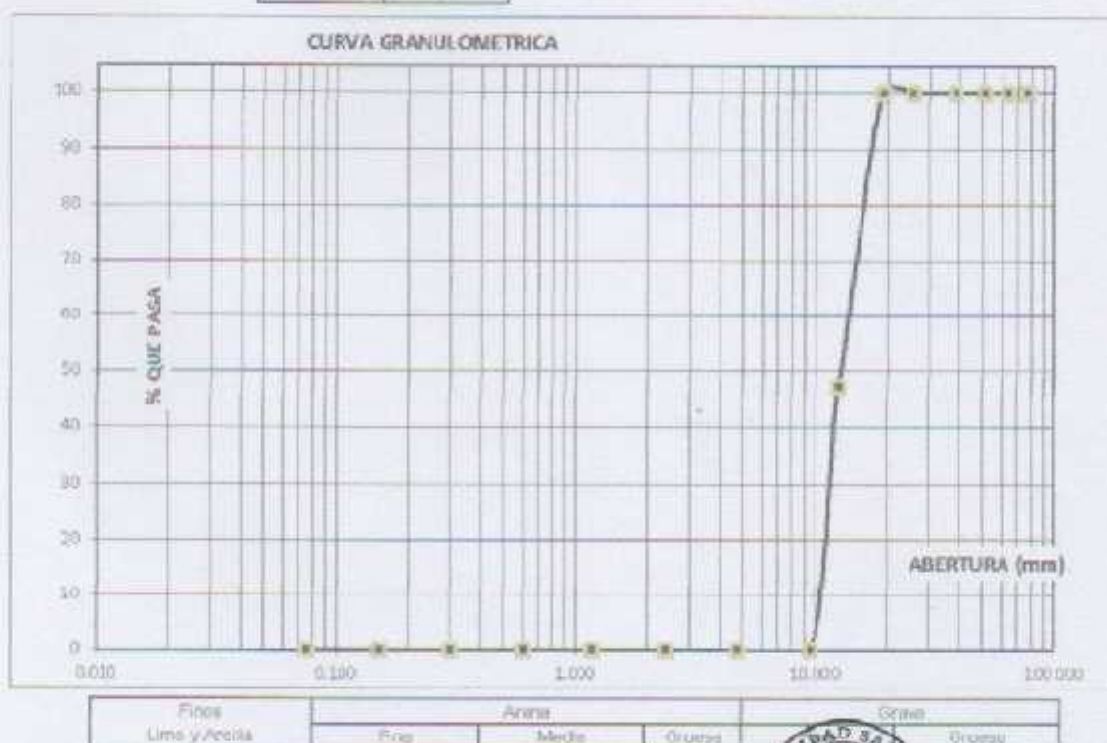
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. TIRADO CHÁVEZ JIMMY GERSON
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
 DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : SIDERPERU
 MATERIAL : ESCORIA
 FECHA : 22/12/2016

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (gr.)
Nº 3	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	1282.4	52.8	52.8	47.4
3/8"	9.520	1154.9	47.4	100.0	0.0
Nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	0.0
1/8"	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C 117 04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		2437.1	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	1/2"
Módulo	Nº 81 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

AIRE ATRAPADO EXPERIMENTAL 45%

SOLICITA : BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESC
DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 22/12/2018

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON Y RELACION A/C 0.884

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	2.1	2	2
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	2.03		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036

NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

AIRE ATRAPADO EXPERIMENTAL 48%

SOLICITA : BACH: TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 22/12/2016

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON Y RELACION A/C 0.684

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	2.12	2.15	2.14
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	2.14		-

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.038
NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

AIRE ATRAPADO PATRON

SOLICITA : BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESC
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 22/12/2016

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON Y RELACION A/C 0.684

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	1.4	1.3	1.4
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	1.37		

ESPECIFICACIONES :

El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036

NOTA

La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2218)

SOLICITA : BACH. TIRADO CHÁVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : SIDERPERU
MATERIAL : ESCORIA
FECHA : 22/12/2016

PRUEBA N°	01	02	03	04
TARA N°				
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1073.7	1135	1331	909.5
TARA + SUELO SECO (gr)	1072.8	1134.2	1323.5	904.5
PESO DEL AGUA (gr)	0.9	0.8	7.5	4.9
PESO DE LA TARA (gr)	202.5	205.2	207.8	146
PESO DEL SUELO SECO (gr)	870.3	929	1115.7	758.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.10	0.09	0.67	0.65
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.38			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
[Signature]
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACHILLARDO CHAVEZ JIMMY GERSON
TÉCNICO : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO FINO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 48% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - INCAASH
CANTERA : VESIQUEJ
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 22/12/2016

PRUEBA N°	01	02	03
TARA TP			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1049.1	1188.1	
TARA + SUELO SECO (gr)	1044.4	1182.4	
PESO DEL AGUA (gr)	4.7	5.7	
PESO DE LA TARA (gr)	208	205.1	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	541.4	977.3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.56	0.58	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.57	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 46% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 22/12/2016

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1331	909.5	
TARA + SUELO SECO (gr)	1323.3	904.6	
PESO DEL AGUA (gr)	7.5	4.9	
PESO DE LA TARA (gr)	207.8	146	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1115.7	758.6	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.67	0.55	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.56	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
[Signature]
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH: TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 40% POR ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 22/12/2016

F C : 210 Kg/cm²

Nº	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FL/FC (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	3,0	12/10/2016	19/10/2016	7	176.51	84.05
02	PATRON	3,0	12/10/2016	19/10/2016	7	169.14	80.53
03	PATRON	3,0	12/10/2016	19/10/2016	7	177.46	84.50
04	PATRON	3,0	12/10/2016	26/10/2016	14	201.02	95.11
05	PATRON	3,0	12/10/2016	26/10/2016	14	202.70	96.52
06	PATRON	3,0	12/10/2016	26/10/2016	14	207.43	98.78
07	PATRON	3,0	12/10/2016	09/11/2016	28	222.69	105.75
08	PATRON	3,0	12/10/2016	09/11/2016	28	215.35	102.55
09	PATRON	3,0	12/10/2016	09/11/2016	28	221.10	105.28

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. TIRADO CHAVEZ JIMMY GERSON
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON AGREGADO GRUESO SUSTITUIDO EN UN 45% Y 40% POR ESCORIA
DE HORNO DE ARCO ELECTRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 23/06/2016

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	F' C Kg/Cm ²	PC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	14/11/2016	7	189.96	90.46
02	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	14/11/2016	7	189.74	90.35
03	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	14/11/2016	7	171.41	81.62
04	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	21/11/2016	14	214.74	102.26
05	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	21/11/2016	14	211.36	100.65
06	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	21/11/2016	14	215.92	102.82
07	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	05/12/2016	28	242.64	115.54
08	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	05/12/2016	28	243.89	116.64
09	EXPERIMENTAL 45%	3,2	07/11/2016	05/12/2016	28	240.48	114.51

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

Explorar

Descriptivos

			Estadístico	Error típ.
ESCORIA_0	Media		199,3000	13,24278
	Intervalo de confianza para la	Límite inferior	142,3209	
	media al 95%	Límite superior	256,2791	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		204,0200	
	Varianza		526,114	
	Desv. típ.		22,93717	
	Mínimo		174,37	
	Máximo		219,51	
	Rango		45,14	
	Amplitud intercuartil		.	
	Asimetría		-,887	1,225
	Curtosis		.	.
ESCORIA_45	Media		213,3267	16,91115
	Intervalo de confianza para la	Límite inferior	140,5638	
	media al 95%	Límite superior	286,0895	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		214,0100	
	Varianza		857,961	
	Desv. típ.		29,29098	
	Mínimo		183,70	
	Máximo		242,27	
	Rango		58,57	
	Amplitud intercuartil		.	
	Asimetría		-,105	1,225
	Curtosis		.	.
ESCORIA_48	Media		203,6267	11,25377
	Intervalo de confianza para la	Límite inferior	155,2056	
	media al 95%	Límite superior	252,0477	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		208,0900	
	Varianza		379,942	
	Desv. típ.		19,49210	

Mínimo	182,29	
Máximo	220,50	
Rango	38,21	
Amplitud intercuartil	.	
Asimetría	-,976	1,225
Curtosis	.	.

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ESCORIA_0	,248	3	.	,968	3	,658
ESCORIA_45	,177	3	.	1,000	3	,961
ESCORIA_48	,257	3	.	,961	3	,619

Análisis de varianza univariante

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error

Variable dependiente: RESISTENCIA

F	gl1	gl2	Sig.
,150	2	6	,864

Análisis de varianza univariante

Factores inter-sujetos

		Etiqueta del valor	N
SUST_ESCORIA	1	CON 0%	3
	2	CON 45%	3
	3	CON 48%	3
DIAS_CURADO	1	7 DÍAS	3
	2	14 DÍAS	3
	3	28 DÍAS	3

**Contraste de Levene sobre la igualdad de las
varianzas error**

Variable dependiente: RESISTENCIA

F	gl1	gl2	Sig.
.	8	0	.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: RESISTENCIA

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3715,114	4	928,779	30,333	,003
Intersección	379768,171	1	379768,171	12402,850	,000
SUST_ESCORIA	309,557	2	154,779	5,055	,080
DIAS_CURADO	3405,557	2	1702,778	55,611	,001
Error	122,478	4	30,619		
Total	383605,763	9			
Total corregida	3837,592	8			

Medias marginales estimadas

SUST_ESCORIA

Variable dependiente: RESISTENCIA

SUST_ESCORIA	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
CON 0%	199,300	3,195	190,430	208,170
CON 45%	213,327	3,195	204,457	222,197
CON 48%	203,627	3,195	194,757	212,497